



**Universidade de  
Aveiro**  
Ano 2018

Departamento de Economia, Gestão,  
Engenharia Industrial e Turismo

**Marco Diogo de  
Oliveira dos Reis**

**PLANO TPM PARA OTIMIZAÇÃO DE RESULTADOS  
NUMA LINHA DE PRODUÇÃO ATRAVÉS DA  
REDUÇÃO DE PERDAS**





**Universidade de  
Aveiro**  
Ano 2018

Departamento de Economia, Gestão, Engenharia  
Industrial e Turismo

**Marco Diogo de  
Oliveira dos Reis**

## **PLANO TPM PARA OTIMIZAÇÃO DE RESULTADOS NUMA LINHA DE PRODUÇÃO ATRAVÉS DA REDUÇÃO DE PERDAS**

Relatório de Estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor João Carlos de Oliveira Matias, Professor Catedrático do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro e do Doutor Radu Godina, Investigador Pós-Doutoramento do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.



## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira**  
professor associado da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor João Paulo da Silva Catalão**  
professor associado com agregação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Prof. Doutor João Carlos de Oliveira Matias**  
professor catedrático da Universidade de Aveiro



## **agradecimentos**

Agradeço à minha família, principalmente aos meus pais, pelo esforço e dedicação que tiveram comigo ao longo destes 23 anos, agradecendo também as perspectivas de futuro que me ofereceram ao permitirem o meu ingresso no ensino superior. À restante família, agradeço pela confiança, encorajamento e orgulho que sempre tiveram em mim.

Agradeço à Carina, por todo o apoio que me deu, por me motivar, por me ajudar com tudo o que necessitasse e por estar ao meu lado.

Agradeço ao Prof.<sup>o</sup> Doutor João Matias pela orientação, motivação, confiança e boa disposição com a qual contribuiu ao longo do desenvolvimento do projeto em questão.

Agradeço ao Doutor Radu Godina por toda a ajuda prestada.

Agradeço à Renault CACIA por me ter dado a oportunidade de desenvolver este projeto dentro das suas portas, num ambiente exigente, mas ao mesmo tempo enriquecedor e amigável. Agradeço também a todo o Departamento de Manutenção, principalmente a todos os que chamam ao Grupo de Intervenção o seu local de trabalho.

Um agradecimento especial ao Eng.<sup>o</sup> Luís Vaz, Eng.<sup>o</sup> Diogo Ramos e Eng.<sup>o</sup> Rui Torrão, orientadores do projeto na Renault, por toda a amizade, companheirismo, tutoria, partilha de conhecimento e desafios propostos.

Agradeço a todos os meus amigos pelos momentos bem passados, pela partilha de experiência, pela partilha de conhecimento e pela entreaajuda. Por fim, agradeço a todos que estiveram ao meu lado desde o primeiro dia e que fizeram com que me tornasse a pessoa que hoje sou, em constante evolução e cada vez mais feliz. A todos, um sincero agradecimento.





## palavras-chave

TPM, manutenção industrial, perdas por avarias, Resultados Operacionais, análise de equipamentos, indústria automóvel.

## resumo

O relatório seguinte descreve a implementação de um plano TPM para fiabilização de uma linha de maquinaria e montagem de Tambores na Renault Cacia, linha considerada crítica na atualidade da produção.

Através da análise de perdas foi possível verificar qual o tipo de perda mais penalizante para a linha. Da mesma forma, ao analisar o tipo de perdas mais penalizante, avaria máquina, chegou-se à conclusão de quais as máquinas mais penalizantes para a linha.

Após a análise das máquinas e da divisão de avarias por subconjuntos das máquinas, foi possível identificar quais os subconjuntos mais críticos, razão pela qual após a identificação começou a ser delineado o plano de ações para as máquinas, de forma a que os problemas identificados fossem eliminados.

De forma a melhorar o estado atuais das máquinas referidas, efetuaram-se algumas visitas ao estilo de auditoria, de modo a identificar as anomalias presentes nas máquinas. Após a fase de verificação de problemas e identificação de anomalias, deu-se início à fase de ação, no qual o plano de ações começou a ser implementado.

Depois das ações terem sido implementadas foi necessário analisar os resultados obtidos, para que fosse possível fazer uma comparação entre o antes do plano de ações ser implementado e o depois das ações serem executadas. Nessa análise foi possível verificar que o rendimento operacional da linha foi evoluindo positivamente a partir do momento em que as ações começaram a ser implementadas, tendo no final havido um aumento de 18% nos resultados operacionais em relação ao período inicial de análise.

Com o intuito de criar *standard* das boas práticas efetuadas na linha, foram atualizados os documentos essenciais nas práticas da linha, como por exemplo o PMA e o PMP. Além disso, foi também criado um armário MPM de forma a melhorar todo o processo de requisição de peças de substituição, gestão de stocks e de modo a agilizar todo o processo de tratamento de avarias.



**keywords**

TPM, industrial maintenance, breakdown losses, equipment analysis, OEE, automobile industry.

**abstract**

The following report describes the implementation of a TPM plan for the reliability of a production line of drum brakes in a factory, Renault Cacia, considered critical currently.

Through loss analysis, it was possible to verify which type of losses are the most penalizing for the line. Likewise, when analyzing the type of most penalizing losses, machine breakdown, it was concluded that which were the most penalizing machines for the line.

After the machines analysis and the division of breakdowns by machine subgroups, it was possible to identify the most critical subgroups. After the identification the action plan began to be drawn for the machines, in order to eliminate the problems identified.

In order to improve the current state of the machines, audits were made in order to identify the anomalies in the machines. After the problem verification and anomalies identification phase, the action phase begun to be implemented.

After the actions were implemented it was necessary to analyze the results obtained in order to compare between before the action plan was implemented and after the actions were executed. This analysis allowed to verify that the operating results developed positively from the moment the actions began to be implemented. At the end there was an 18% increase in operating results compared to the initial period of analysis.

With the purpose to create a standard of good practices performed on the line, essential documents, such as the PMA and the PMP, were updated on the line with the latest practices. In addition, an MPM cabinet was also created to improve the entire process of requesting replacement parts, stock management and to optimize the entire process of handling breakdowns.



# Índice

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Caraterização sumária do projeto e objetivos .....	1
1.2. Metodologia .....	2
1.3. Estrutura do relatório.....	3
<b>2. Motivação e Contextualização do Trabalho .....</b>	<b>5</b>
2.1. Grupo Renault .....	5
2.2. Renault em Portugal.....	6
2.3. Produtos .....	7
2.4. Caixa de Velocidades (Cx).....	7
2.5. Componentes Mecânicos (CM) .....	8
2.6. Ciclo Produtivo na Renault Cacia .....	9
2.7. Organização Interna .....	11
<b>3. Revisão de Literatura .....</b>	<b>13</b>
3.1. Manutenção .....	13
3.2. TPM .....	13
3.2.1. Manutenção Autónoma .....	15
3.2.2. Manutenção focada .....	16
3.2.3. Manutenção Planeada.....	16
3.2.4. Manutenção de Qualidade .....	17
3.2.5. Formação Contínua.....	18
3.2.6. Segurança, Saúde e Ambiente .....	18
3.2.7. TPM administrativo.....	18
3.2.8. Gestão antecipada de equipamentos.....	19
3.3. KPI (Key Performance Indicators).....	19
3.3.1. MTBF (Mean Time Between Failure) .....	19
3.3.2. MTTR (Mean Time To Repair) .....	20
3.3.3. OEE (Overall Equipment Effectiveness) .....	20
3.4. Máquina-Tampão .....	21
3.5. Ciclo PDCA .....	22
3.6. 5S.....	23
3.6.1. Seiri (triar/separar).....	23
3.6.2. Seiton.....	24
3.6.3. Seiso.....	24
3.6.4. Seiketsu .....	24
3.6.5. Shitsuke (sustentar).....	24

3.7.	Análise de causas raiz .....	25
3.7.1.	Diagrama de Pareto .....	25
3.7.2.	Análise 5 Porquês .....	25
<b>4.</b>	<b>Projeto prático .....</b>	<b>27</b>
4.1.	Apresentação da UET dos Tambores .....	30
4.2.	Plano de trabalho de Fiabilização da linha .....	35
4.2.1.	Etapa 0: Preparação .....	36
4.2.2.	Etapa 1: Priorizar equipamentos e definir metas .....	36
4.2.3.	Etapa 2: Análise de causa das falhas .....	37
4.2.4.	Etapa 3: Tratamento das falhas. Definição e cumprimento das normas. ....	38
4.2.5.	Etapa 4: Prevenção de reaparição das falhas .....	39
4.2.6.	Etapa 5: Organização da prevenção de meios e a manutenção dos objetivos de performance .....	39
4.3.	Desenvolvimento das tarefas do Plano TPM na UET dos Tambores .....	40
4.3.1.	Etapa 0 - Preparação de tarefas .....	40
4.3.2.	Etapa 1 – Priorizar equipamentos e definir metas .....	45
4.3.3.	Etapa 2 – Análise de causa das falhas .....	59
4.3.4.	Etapa 3: Ações de tratamento de falhas .....	71
4.3.5.	Etapa 4: Prevenção de reaparição das falhas .....	75
4.3.6.	Etapa 5: Organização da prevenção de meios e a manutenção dos objetivos de performance .....	78
<b>5.</b>	<b>Conclusões, limitações e trabalhos futuros .....</b>	<b>81</b>
5.1.	Conclusões .....	81
5.2.	Limitações .....	83
5.3.	Trabalhos futuros .....	83
<b>6.</b>	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>85</b>
<b>7.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>89</b>

# Índice de Figuras

Figura 1 - Estrutura do grupo Renault.....	5
Figura 2 - Vista da Fábrica Renault Cacia (1 - Caixa de Velocidades;2 - Componentes Mecânicos;3 - Armazém;4 - Tratamentos Térmicos; 5 - Oficina Central;6 - Central de Fluídos;7 - Direção;8 - Posto Médico/Cantina;9 Armazém Nissan .....	7
Figura 3 - Caixa de velocidades JR .....	8
Figura 4 - Caixa de velocidades ND.....	8
Figura 5 - Árvores .....	8
Figura 6 - Caixa Diferencial.....	8
Figura 7 - Carretos.....	8
Figura 8 - Cáster .....	8
Figura 9 - Tambor .....	9
Figura 10 - Etapas do Ciclo produtivo da empresa .....	9
Figura 11 - Organigrama da Renault CACIA.....	11
Figura 12- 8 Pilares do TPM .....	15
Figura 13 - Evolução RO nos Tambores, 2017 .....	28
Figura 14 - Gráfico de Perdas UET 3443 – Tambores .....	28
Figura 15 - localização UET dos Tambores .....	30
Figura 16 - Layout Linha do Tambor .....	31
Figura 17 - a) Encoder, b) Rolamento e c) Freio .....	33
Figura 18 - Abastecimento POE's na operação 170.....	34
Figura 19 - Plano TPM.....	36
Figura 20 - Painel Chantier LEAN Manutenção.....	37
Figura 21 - Distribuição perdas por família no período de análise.....	41
Figura 22 – Distribuição de perdas por máquina de avarias no período inicial analisado .....	42
Figura 23 - Causas de NRO nos Tambores no período de análise .....	42
Figura 24 - Análise do nº de avarias nos Tambores no período de análise .....	44
Figura 25 - Análise do tempo de paragem por avarias nos Tambores no período de análise .....	44

Figura 26 - Gráfico Gravidade-Frequência dos Tambores até setembro de 2017 .....	45
Figura 27 - Máquinas críticas, visão fabricação e manutenção .....	47
Figura 28 - Ficha de Inspeção 5W2H.....	48
Figura 29 – Número de avarias de cada subconjunto da máquina 2239 .....	49
Figura 30 - Tempo de paragem de cada subconjunto da máquina 2239.....	50
Figura 31 - Número de avarias de cada subconjunto da máquina 2243.....	50
Figura 32 - Tempo de Paragem de cada subconjunto da máquina 2243 .....	51
Figura 33 - Número de avarias de cada subconjunto da máquina 2320.....	52
Figura 34 - Tempo de Paragem de cada subconjunto da máquina 2320 .....	52
Figura 35 - Número de avarias de cada subconjunto da máquina 2641 .....	53
Figura 36 - Tempo de Paragem de cada subconjunto da máquina 2641 .....	54
Figura 37 - Número de avarias de cada subconjunto da máquina 2534.....	54
Figura 38 - Tempo de Paragem de cada subconjunto da máquina 2534 .....	55
Figura 39 - Painel Chantier de Fiabilidade .....	57
Figura 40 - Painel Chantier de Fiabilidade na linha dos Tambores .....	58
Figura 41 - Lista de inspeção 5W2H da linha dos Tambores .....	59
Figura 42 - a) Acumulação de limalha na zona da torreta da OP110/120; b) Fragilidade do detetor de entrada de peça na OP110; c) Acumulação de limalha à saída do empurrador de saída de peça; d) Acumulação de limalha na zona de pick-up da operação 120; e) Acumulação de limalha na zona de movimento do eixo Y; f) Acumulação de limalha na zona de abertura de porta da operação 110.....	61
Figura 43 - a) Sujidade no ar condicionado do painel elétrico; b) Incapacidade de visualizar interior da máquina durante a maquinação da peça; c) Acumulação de limalha na zona de abertura de porta; d) Mau estado do motor do eixo Z; e) Empeno da porta da operação devido à acumulação de resíduos na guia da porta.....	63
Figura 44 - a) Indexação incorreta da paleta nº 2; b) Identificação incorreta do sistema do grupo hidráulico. ....	63
Figura 45 - a) Fuga de óleo de corte na máquina; b) Inexistência de filtro de malha do ar condicionado do painel elétrico; c) Nível de pressão do grupo hidráulico incorreto....	64
Figura 46 - Fragilidade do suporte do detetor de peça das máquinas CHIRON.....	65
Figura 47 - a) Mau acondicionamento dos cabos; b) Má condição do tubo de proteção dos cabos; c) Má fixação dos freios no apresentador; d) Pobre fixação do virador de peça da prensa. ....	66



Figura 48 - a) Acumulação de limalha em área de movimento; b) Acumulação de limalha em área de movimento; c) Acumulação de óleos de corte nas áreas próximas às operações de maquinação; d) Detioração de zona da UET; e) Material de suporte/substituição fora do local apropriado; f) Acumulação de limalha em áreas desprotegidas. ....	67
Figura 49 - Análise 5 Porquês Aperto peça máquina 2239 .....	68
Figura 50 - Análise 5 Porquês Defeito apresentador máquina 2534 .....	70
Figura 51 - Exemplo de plano de ação .....	71
Figura 52 - Comparação do NRO entre período inicial e abril .....	73
Figura 53 - Evolução do RO ao longo dos meses .....	74
Figura 54 - Evolução NRO avaria máquinas ao longo dos meses .....	75
Figura 55 - a) Interior armário MPM; b) Armário MPM. ....	78

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Nº de operações e respetivas máquinas da linha A de maquinaria .....	31
Tabela 2 - Nº de operações e respetivas máquinas da linha B de maquinaria .....	32
Tabela 3 - Nº de operações e respetivas máquinas da linha de montagem .....	32
Tabela 4 - Diversidade de Tambores .....	34
Tabela 5 - Pré-Requisitos Chantier Fiabilidade .....	40

# Lista de abreviaturas e siglas

**5W** – 5 Why's

**5W2H** – *What? Why? Where? When? Who? How? How much?*

**AT** – Atelier

**CM** – Componentes Mecânicos

**CUET** – Chefe de unidade elementar de trabalho

**Cx** – Caixas de Velocidades

**DCA** – Detecção e correção de anomalias

**DLI** – Departamento de Logística Industrial

**DPR** – Departamento de produção

**Do** – Disponibilidade Operacional

**Dpa** – Disponibilidade por avaria

**FMECA** – *Failure mode, effects and criticality analysis*

**JIT** – *Just in time*

**KPI** – *Key performance indicator*

**MPM** – Manutenção de performance dos meios

**MTBF** – *Mean time between failure*

**MTTR** – *Mean time to repair*

**NRO** – Não rendimento operacional

**OEE** – *Overall Equipment Effectiveness*

**OT** – Ordem de trabalho

**PDCA** – *Plan – Do – Check – Act*

**PMP** – Plano de manutenção preventivo

**PMA** – Plano de manutenção autónoma

**PMP<sub>Pro</sub>** – Plano de manutenção profissional

**POE** – Produto de origem externa

**RO** – Rendimento operacional

**SPR** – Sistema de produção Renault

**Tavarias** – Tempo de paragem por avarias

**TBM** – Tempo de bom funcionamento

**Tcy** – Tempo de ciclo real

**Tcyth** – Tempo de ciclo teórico

**TF** – Tempo de funcionamento

**TNA** – Tempo não afetado

**Tp** – Taxa de performance

**TPF** – Taxa de peças fabricadas

**TPM** – *Total Productive Maintenance*

**Tq** – Taxa de qualidade

**UET** – Unidade elementar de trabalho

# 1. Introdução

O facto de o mercado atual estar cada vez mais competitivo obriga às empresas a ter que ser cada vez mais eficientes e criteriosas. A concorrência é enorme e os desafios, por sua vez, também se tornam mais exigentes. Deste modo, as empresas sentem a necessidade constante de melhorar a qualidade dos seus produtos, serviços e relações, de forma a que o seu posicionamento no mercado seja favorável. A eficiência numa empresa passa pelas constantes melhorias a nível de segurança, qualidade de produto/serviço, performance, redução de custos e flexibilidade apresentada aos seus clientes.

Para combater a instabilidade do mercado, as empresas são obrigadas a adotar métodos e ferramentas que acompanhem o seu aumento de competitividade. A Renault Cacia não podia ser exceção e também teve de se adaptar, de forma a melhorar o desempenho. Segurança, qualidade e performance são as três prioridades da empresa, sendo a segurança a prioridade seguindo o mote “Segurança, a minha prioridade”, seguido da qualidade do produto e finalizando com a performance dos meios de produção. Para continuar a ser líder no mercado automóvel, a Renault sente a necessidade de inovar e de eliminar todos os desperdícios possíveis.

O trabalho realizado incide na área de manutenção associada à linha dos Tambores. Dessa, procura-se identificar as máquinas que mais impactam a linha de tal ordem que o objetivo de produção não é alcançado. A fiabilização das máquinas em questão permitirá à linha um aumento substancial na sua performance, de forma a que os objetivos sejam alcançados. Pretende-se então identificar e corrigir todas as anomalias associadas às máquinas, bem como melhorar e atualizar os planos de manutenção para que o que se ocorreu anteriormente não volte a acontecer.

## 1.1. Caraterização sumária do projeto e objetivos

O trabalho apresentado foi desenvolvido no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial na Universidade de Aveiro. O projeto decorreu no departamento de manutenção da Renault Cacia, em específico na linha dos Tambores do setor AT3/4 dos componentes mecânicos.

A necessidade da implementação do projeto deve-se ao facto de se ter verificado que a linha de produção em questão detinha tempos de paragem muito superiores ao teoricamente expectável. De forma a contrariar os resultados apresentados inicialmente, será aplicado um plano baseado no sistema TPM, que se espera que seja muito benéfico, trazendo várias vantagens e dinamizando a linha.

A implementação do TPM tem como objetivo que o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) seja melhorado de forma contínua, reduzindo o tempo de paragens através de variadas ações. Com esta implementação pretende-se reduzir custos, apostando na manutenção preventiva, planeada e na análise de causas ao invés de ter que decorrer à manutenção corretiva. Da mesma forma, a aposta passa pela formação dos operadores e pela otimização da manutenção autónoma de modo a que resultados sejam alcançados a curto-médio prazo.

Os objetivos traçados para o projeto são os seguintes:

- Identificação das máquinas mais penalizantes da linha;
- Identificação da máquina gargalo da linha;
- Redução do *mean time to repair* (MTBF) das máquinas mais penalizantes para a linha;
- Aumento da disponibilidade operacional (Do) das máquinas;
- Redução das perdas causadas por avarias;
- Melhoria do desempenho dos planos de manutenção preventiva;
- Aumento do rendimento operacional em cerca de 22% da linha de produção.

Com estes objetivos pretende-se otimizar os índices de rendimento operacional da linha dos Tambores para que se aproximem aos esperados pelo Departamento de Produção (DPR).

## **1.2. Metodologia**

O projeto baseia-se na metodologia investigação-ação, uma metodologia de investigação interativa e com o foco num problema. A investigação-ação tem como objetivo proporcionar uma melhoria no problema em questão (Coutinho et al., 2009). Neste caso, o foco vai ser o desenvolvimento e aplicação de variadas ferramentas de melhoria contínua, com base na metodologia TPM implementada na empresa, através de uma participação altamente proativa nas atividades de manutenção industrial, com especial foco em todas as atividades de manutenção planeada. A manutenção planeada é responsável pela eficiência e fiabilidade dos equipamentos e tem como função alcançar os objetivos estabelecidos pela empresa para cada uma das suas linhas de produção. O objetivo do presente projeto é o aumento do rendimento operacional de uma linha de produção com base na fiabilização da mesma através da redução das perdas por avarias de máquinas da linha. A manutenção planeada será aplicada através de variadas ferramentas, como veremos posteriormente.

Carateriza-se avaria como a interrupção da capacidade de um equipamento cumprir a sua função pré-definida, que leva a uma paragem total da linha de produção.

A análise de avarias é feita de forma a encontrar a causa-raiz do problema e posteriormente encontrar soluções para a resolução do problema. Esta análise permitirá, também, a melhorar os planos de manutenção dos equipamentos, tanto autónoma como programada e a formação dos colaboradores da linha de produção em questão.

O relatório descreve a aplicação de ferramentas do TPM na linha de produção dos Tambores. A empresa, devido aos resultados insatisfatórios comparativamente com os propostos, sentiu a necessidade de criar um plano TPM de fiabilização da linha, que se baseia no ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). O objetivo do plano consiste na análise da situação inicial da linha; determinação das causas da ineficiência da linha; implementação de um plano de ações; avaliação e controlo dos resultados obtidos; aplicação *standard* às boas práticas e reação às ações ineficazes.

### 1.3. Estrutura do relatório

O presente documento está estruturado em cinco capítulos, sendo que cada capítulo possuirá subcapítulos

- **Capítulo 1** – Neste capítulo é feito um pequeno enquadramento introdutório, uma breve introdução e contextualização do problema, quais os objetivos a atingir, as metodologias utilizadas para o desenvolvimento do projeto e a estrutura do relatório;
- **Capítulo 2** – Neste capítulo é feita uma breve contextualização do trabalho, a apresentação da empresa onde foi desenvolvido o projeto, os produtos produzidos e a génese do seu processo produtivo;
- **Capítulo 3** – Apresenta a revisão de literatura enquadrada ao tema do projeto. São explicados conceitos essenciais para enquadramento teórico das temáticas utilizadas no trabalho realizado: Manutenção Industrial, *TPM*, Ciclo PDCA e indicadores de performance;
- **Capítulo 4** – No capítulo 4 dá-se o início do estudo prático. Começando pela introdução da linha e o seu contexto na fábrica de forma a que haja um maior conhecimento acerca do funcionamento da mesma e posterior análise de problemas. Após a identificação dos problemas, inicia-se o plano TPM de modo a melhorar a produtividade da linha e diminuir as perdas por tempo de paragem de avarias máquina. O plano TPM é então implementado, com várias ações a

serem ponderadas de forma a criar soluções para os problemas encontrados, fiabilizar a linha e criar normas e *standards* de modo a perpetuar os bons resultados obtidos;

- **Capítulo 5** – No capítulo 5 são apresentadas conclusões, desafios/limitações e orientações de trabalho futuro. São identificados os pontos positivos/negativos durante o desenvolvimento do projeto, é feito um balanço do trabalho desenvolvido e são expostas sugestões de possíveis melhorias a implementar em trabalhos futuros.



## 2. Motivação e Contextualização do Trabalho

O setor onde o grupo Renault se encontra inserido, Indústria Automóvel, é um dos setores mais competitivos da indústria e, no qual, a melhoria contínua tem que fazer parte da rotina diária, para que permita ao grupo evoluir e prosperar perante os seus rivais. Esta melhoria contínua deve ser transversal, pelos que deve ser seguido por todos os departamentos que constituem a organização. Neste capítulo será realizada uma breve apresentação e caracterização da empresa onde será realizado o trabalho desenvolvido no âmbito do projeto, bem como a visão e valores pelos quais o Grupo Renault se guia, e a sua estrutura organizacional. Será também feita uma breve abordagem à gama de produtos desenvolvidos na fábrica, bem como ao processo produtivo da zona da fábrica inserida no projeto – Componentes Mecânicos.

### 2.1. Grupo Renault

O Grupo Renault é uma empresa de origem francesa, fundada pelos irmãos Louis, Marcel e Fernand Renault em 1898, tendo como nome inicial “Renault brothers”. Hoje em dia a Renault é um grupo internacional multimarca abrangente a mais de 120 países. É composto por 37 fábricas de carroçaria-montagem e de mecânica, implementadas em 15 países. Os pilares do grupo são o ambiente, a inovação, a qualidade e o *design*, sendo o seu objetivo a inovação em produtos, serviços, tecnologia e *design*. A sua visão, “Drive the Future”, faz com que o grupo Renault tenha como missão gerar crescimento e lucro ao longo do plano, atendendo às necessidades dos clientes a nível mundial desde cidades congestionadas a áreas rurais, com automóveis de passageiros a preços acessíveis a operações de táxi robot, o grupo Renault promete “Conduzir o Futuro”.

Na figura 1 encontra-se representada a árvore estrutural do Grupo Renault.

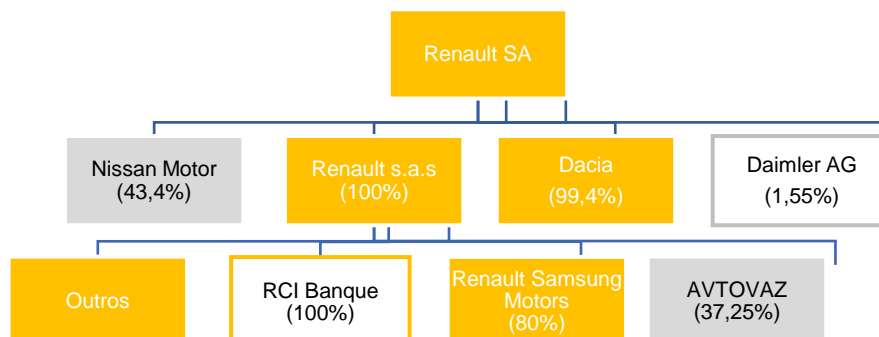


Figura 1 - Estrutura do grupo Renault

A Renault produz mais perto dos seus clientes e favorece a integração local. Independentemente do país, as exigências são elevadíssimas em termos de segurança, qualidade de produção e performance. Para tal, a Renault implementou em todos os seus locais de produção, o Sistema de Produção Renault (SPR), de forma a tornar *standard* ao melhor nível os seus modos de fabrico.

## **2.2. Renault em Portugal**

A Renault é representada em Portugal pela fábrica Renault CACIA, localizada em Cacia, no distrito de Aveiro, tendo sido inaugurada em setembro de 1981, dando início à atividade com a produção de Caixas de Velocidades, em 1982 com o início de maquinaria e montagem de Motores e, mais tarde, em 1988 com o início de produção de Componentes mecânicos para outras fábricas do Grupo Renault. A fábrica está localizada num dos mais importantes centros industriais de Portugal – Aveiro – onde a convergência de acessos é favorecida pela geografia, o que vem dinamizar a indústria e consequentemente, contribuir para os índices de desenvolvimento económico. Desde o início de produção, em setembro de 1981, foram produzidas mais de 9 000 000 de caixas de velocidades bem como mais de 37 000 000 bombas de óleo. Atualmente a Renault CACIA possui mais de 1100 colaboradores.

As instalações da fábrica ocupam uma superfície total de  $300.000m^2$  e uma área coberta de  $70.000m^2$ , combinando uma excelente operacionalidade pelo seu perfil físico, que permite um ótimo esquema de distribuição e facilidade de fluxos, de pessoas e de equipamentos. A fábrica opera em três turnos de oito horas cada, durante os cinco dias da semana e em dois turnos de doze horas cada, durante os dois dias do fim-de-semana. Na figura 2, podemos observar a disposição da fábrica.

A Renault CACIA produz caixas de velocidade para veículos de diferentes modelos da gama Renault, Dacia, Nissan, Daimler e AvtoVaz, bem como componentes para motores, nomeadamente bombas de óleo, cárteres, entre outros.



*Figura 2 - Vista da Fábrica Renault Cacia (1 - Caixa de Velocidades; 2 - Componentes Mecânicos; 3 - Armazém; 4 - Tratamentos Térmicos; 5 - Oficina Central; 6 - Central de Fluídos; 7 - Direção; 8 - Posto Médico/Cantina; 9 - Armazém Nissan)*

## 2.3. Produtos

A Renault desenvolve uma elevada variedade de produtos, com vista a resolução das necessidades do mercado e dos clientes. A Renault CACIA produz atualmente 2 tipos de caixas de velocidades, bem como vários componentes para motores. Os produtos destinam-se às fábricas de carroçaria-montagem e de mecânica situadas nos restantes países das fábricas do grupo. A unidade fabril é dividida principalmente em dois sectores de fabricação, Caixas de Velocidades (Cx) e Componentes Mecânicos (Cm), separados devido à diferença de tipo de produtos produzidos. Como dito anteriormente, um dos sectores é destinado à produção de caixas de velocidades e a outra é destinada à produção de componentes mecânicos.

## 2.4. Caixa de Velocidades (Cx)

No setor Caixas de Velocidades são produzidas 2 tipos de caixas de velocidades, a caixa JR e a caixa ND, conforme as figuras 3 e 4, respetivamente. Sendo nesse setor produzidos alguns dos componentes necessários para a montagem das caixas de velocidade, como as árvores (primária e secundária), a caixa diferencial, os carretos, e os cárteres, como é possível verificar nas figuras 5, 6, 7 e 8, respetivamente.



Figura 3 - Caixa de velocidades JR



Figura 4 - Caixa de velocidades ND



Figura 5 - Árvores



Figura 6 - Caixa Diferencial



Figura 7 - Carretos



Figura 8 - Cáster

## 2.5. Componentes Mecânicos (CM)

Componentes Mecânicos, sector onde foi realizado o projeto, é o setor onde são produzidos diversos tipos de componentes mecânicos como Tambores, Bombas de Óleo, Árvores de Equilibragem, Carter de Distribuição, Carter Intermédio, Tampa da Culassa, Apoio da Cambota, Coletores e Eixo balanceiro. O projeto consiste na melhoria da linha de produção do Tambor, produto que podemos ver na figura 9.

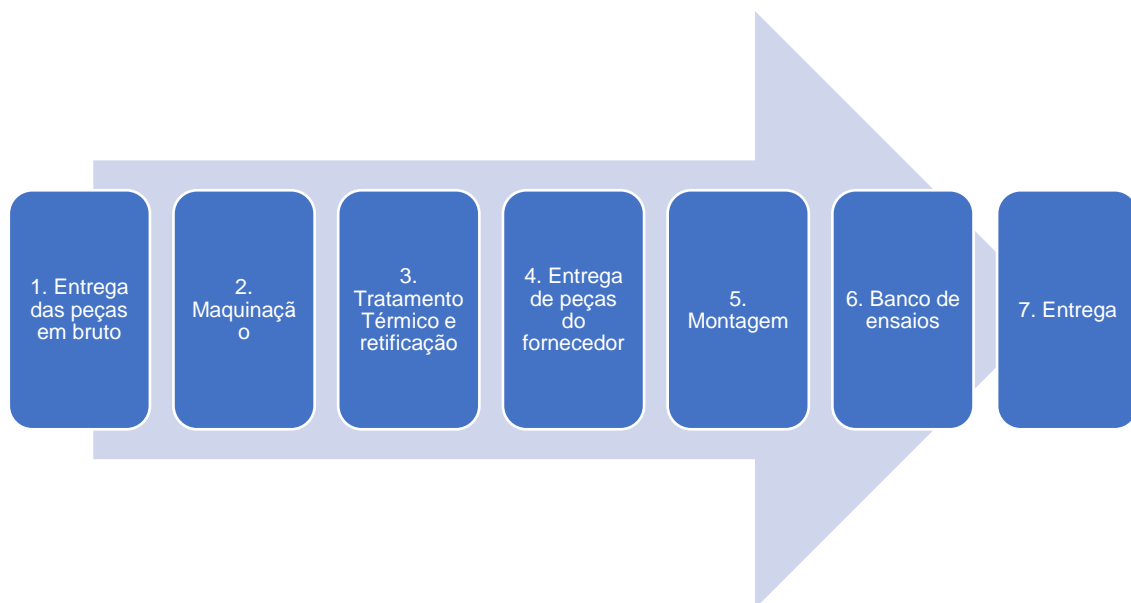


*Figura 9 - Tambor*

Existem 43 linhas de produção na Renault Cacia sendo que todos os carros do grupo Renault têm pelo menos um componente produzido na fábrica Renault Cacia.

Componentes Mecânicos é o sector onde foi realizado o projeto. Entre estes dois sectores existe o sector dos armazéns, onde é armazenado o produto acabado e a matéria-prima.

## **2.6. Ciclo Produtivo na Renault Cacia**



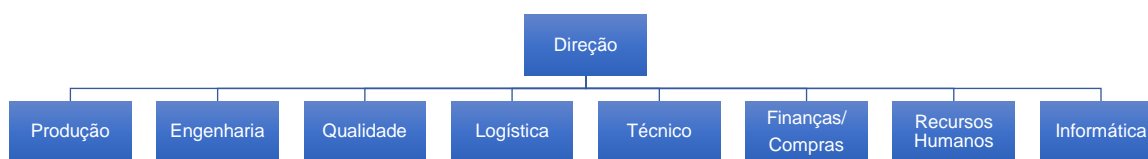
*Figura 10 - Etapas do Ciclo produtivo da empresa*

O processo de produtivo na Renault CACIA é constituído por 7 etapas importantes:

1. Entrega das peças em bruto – As peças em bruto provenientes das fundições vão sofrer várias transformações.
2. Maquinação – Consiste em dar as características definitivas às peças graças às máquinas-ferramentas. As peças sofrem várias operações: torneamento, talhagem, fresagem, rebarbagem, chanfrenagem, entre outros. Cada etapa é controlada por meios numéricos.
3. Tratamento térmico e retificação – As peças maquinadas passam por fornos para melhorar as suas características. Ciclos de aquecimento e arrefecimento permitem a realização de transformações de estrutura: dureza, limite de elasticidade. Numa segunda fase, a retificação consiste em fazer desaparecer as estrias e os defeitos geométricos das peças.
4. Entrega peças fornecedores – Peças entregues e peças maquinadas convergem para a montagem.
5. Montagem – Cada tipo de órgão é montado numa linha de montagem específica antes de receber os seus últimos acessórios.
6. Bancos de ensaios – Os órgãos são controlados para garantir a sua conformidade e a sua qualidade. Os motores são alvo de diversos testes em situação de rodagem, a passagem das velocidades e estanqueidade final da caixa são verificadas. A *endurance*, resistência no impacto e a travagem são controlados.
7. Entrega – Os órgãos são entregues às fábricas de carroçaria-montagem do grupo ou a construtores clientes.

## 2.7. Organização Interna

A Renault CACIA é organizada por departamento, tendo um total de 8 departamentos, conforme é possível observar na figura 11. Os departamentos são: Produção, Engenharia, Qualidade, Logística, Técnico, Finanças e Compras, Recursos Humanos e Informática, tendo todos esses departamentos de responder diretamente à direção da Renault CACIA, sendo esta, por sua vez, administrada pela direção do Grupo Renault.



*Figura 11 - Organograma da Renault CACIA*

Os produtos produzidos destinam-se às fábricas de montagem de veículos e também a outras fábricas de mecânica situadas em Espanha, França, Turquia, Inglaterra (Nissan), Índia, Tailândia e Marrocos. Os nossos fornecedores externos são a Direção de Logística e de Compras e os fornecedores de peças (fábricas do Grupo e fornecedores externos à Renault).

De modo a que seja possível utilizar uma grande variedade de ferramentas, assim como uma grande variedade de conceitos teóricos no projeto, é necessário efetuar a devida revisão de literatura, para que todo o conhecimento seja devidamente validado. Desta forma, o próximo capítulo tem como objetivo validar todo o conhecimento utilizado ao longo do projeto, através de um enquadramento teórico.





### **3. Revisão de Literatura**

Neste capítulo é apresentado um breve enquadramento teórico, com a revisão de literatura. Este capítulo tem como objetivo definir e caracterizar os conceitos necessários para a realização prática de todo o projeto.

#### **3.1. Manutenção**

Manutenção é definido como um conjunto de atividades utilizadas com o intuito de proteger e preservar os equipamentos de modo a que estejam operacionais para executar as funções propostas da melhor forma, de acordo com a empresa. A manutenção cobre todos os procedimentos realizados para assegurar que o equipamento trabalha com a produtividade esperada e sob as condições esperadas (Arslankaya & Atay, 2015). A manutenção industrial foi reconhecida como uma função com impacto significativo nos resultados globais das empresas e cuja eficiência geralmente tem um alto potencial de melhoria. Intrínseco ao impacto significativo nos resultados globais das empresas está a importância do investimento na manutenção, que desempenha um papel altamente impactante em toda a sua performance, sendo que é estimado que os custos de manutenção representem entre 15 a 40% dos custos de produção. Atualmente, a manutenção é um processo que associa vários processos organizacionais como produção, qualidade, meio ambiente, e segurança (Lopes et al., 2016).

#### **3.2. TPM**

O Total Productive Maintenance é um sistema de manutenção feito para atingir o conceito de perfeição na performance dos equipamentos, no qual não existem paragens por parte dos mesmos. De acordo com (Shen, 2015) o TPM pode ser considerado uma abordagem de melhoria contínua da qualidade do produto, a eficácia operacional, a compreensão da produtividade e a segurança entre as funções da organização, especialmente entre a produtividade e a manutenção, enfatizando o "Total" no "TPM" como o envolvimento geral dos funcionários na empresa, ou seja, melhoria contínua da eficiência geral e do envolvimento ativo dos funcionários. O seu objetivo pode ser definido como:

- Procurar atingir a eficiência máxima do sistema de manutenção (eficiência geral), orientado para a melhoria da organização;
- Tentar atingir a produção sem defeitos, sem paragens;

- O envolvimento de todos os departamentos na melhoria do sistema;
- O envolvimento do operador;
- Atingir uma produção sem perdas.

Segundo (R. Singh, Gohil, Shah, & Desai, 2013) o objetivo de qualquer programa TPM é a melhoria da produtividade e da qualidade. É uma abordagem inovadora de manutenção que otimiza a eficácia dos equipamentos, elimina avarias e promove a manutenção autónoma do operador através de atividades cotidianas envolvendo os trabalhadores. O TPM foi aceite como a estratégia mais promissora para melhorar o desempenho de manutenção para ter sucesso num mercado altamente exigente (Nakajima, 1988).

O TPM é baseado nos seguintes pontos de melhoria contínua:

- Maximizar eficácia dos equipamentos através da otimização da disponibilidade, performance, eficiência dos mesmos;
- Estabelecer a estratégia de manutenção preventiva durante o ciclo de vida total do equipamento;
- Cobrir todos os departamentos inerentes à empresa;
- Envolver todos os membros da equipa, desde os administradores aos operadores fabris;
- Promover a melhoria da manutenção através de atividades autónomas de pequenos grupos.

O TPM coloca a manutenção como uma função essencial e em foco, sendo um recurso necessário e parte vital no sucesso do negócio. O TPM procura o compromisso dentro dos departamentos e entre departamentos da organização de forma a maximizar a eficácia global do equipamento de produção (Bakri, Rahim, Yusof, & Ahmad, 2012). Com base na figura 12 de (Ahuja & Khamba, 2008) podemos afirmar que o plano TPM assenta em 8 pilares fundamentais:

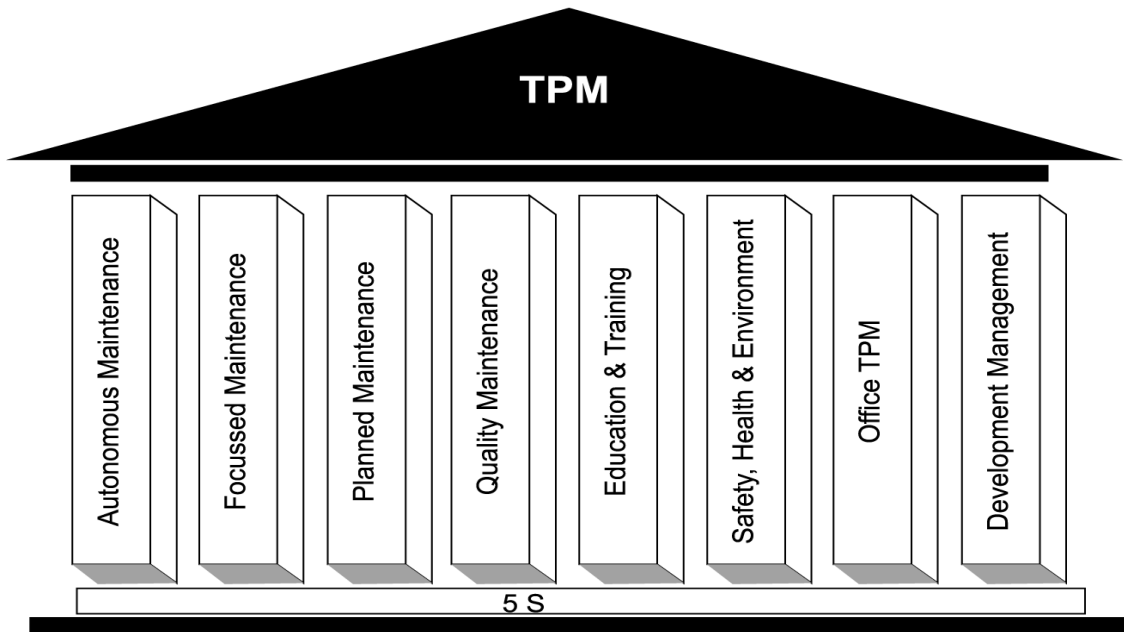


Figura 12- 8 Pilares do TPM, adaptado de(Ahuja & Khamba, 2008)

### 3.2.1. Manutenção Autônoma

A manutenção autônoma é um dos pilares do TPM, sendo esta definida como um conjunto de atividades de manutenção capazes de serem executadas pelo operador, sendo da sua responsabilidade a manutenção e funcionamento dos equipamentos, como diz (Guariente, Antonioli, Ferreira, Pereira, & Silva, 2017). É considerada uma atividade de manutenção preventiva, preditiva ou de avaria de menor dimensão, cujas capacidades do operador são suficientes para tratar da ocorrência, segundo (Rosimah, Sudirman, Siswanto, & Sunaryo, 2015).

Segundo (R. Singh et al., 2013) a manutenção autônoma baseia-se no conceito de que, se os operadores cuidarem de pequenas tarefas de manutenção, libertarão pessoas especializadas da manutenção para se concentrar em mais atividades de valor acrescentado e reparações técnicas. Os operadores são responsáveis pela manutenção dos seus equipamentos diariamente para evitar a sua deterioração. O objetivo é manter a máquina em condições novas. As atividades envolvidas são de natureza simples, como limpeza, lubrificação, inspeção visual, aperto de parafusos soltos, entre outras.

### **3.2.2. Manutenção focada**

Segundo (Rodrigues & Hatakeyama, 2006), o foco na melhoria dos equipamentos e dos processos é essencial para a melhoria no negócios. A Criação de pequenos grupos de trabalho, para que, de forma unida e com proatividade, trabalhem de forma a alcançarem melhorias definitivas nos equipamentos. Com base na identificação de problemas recorrentes, pretende-se que o grupo seja capaz de resolver os problemas com a ajuda de toda a equipa, de modo a que o todo talento da equipa de trabalho seja aproveitado, com a finalidade de implementar ações de melhoria contínua.

### **3.2.3. Manutenção Planeada**

De acordo com (R. Singh et al., 2013) a manutenção planeada destina-se a dispor de máquinas e equipamentos sem problemas, sem paragens e a produzir com o nível de qualidade necessário, de modo a que haja total satisfação do cliente. A manutenção pode ser realizada como Manutenção Preditiva, Manutenção Preventiva e Manutenção Corretiva. A manutenção planeada é uma abordagem pró-ativa que usa equipa da manutenção treinada para ajudar a treinar os operadores para melhor manter os seus equipamentos. O objetivo da manutenção planeada é alcançar e manter a disponibilidade de máquinas, o custo de manutenção ideal, melhorar a fiabilidade e a manutenção da máquina, evitar que exista falha no equipamento e assegurar a disponibilidade permanente de peças para substituição.

Segundo (Madureira, Flores-Colen, de Brito, & Pereira, 2017) as estratégias de manutenção preventiva antecipam sinais de degradação, atuando antes que alguma mudança física ou funcional significativa nos equipamentos ocorra. Através de ações regulares de manutenção preventiva, anomalias inesperadas são evitadas e, como tal, a probabilidade de trabalho extra é minimizada. Para o planeamento de ações preventivas é necessária bastante informação detalhada acerca de cada elemento, tais como a sua vida útil, desempenho, degradação e custo. A manutenção preventiva é o processo de realizar inspeções específicas, testes, medições, ajustes ou substituições de peças, especificamente voltadas para a prevenção de falhas. Essas ações preventivas são tomadas em intervalos pré-determinados com base num intervalo de tempo, como horas ou dias, ou pelo número de operações ou ciclos (Erkoyuncu et al., 2017a). Na verdade para (Braglia, Carmignani, Frosolini, & Zammori, 2012), a manutenção preventiva possibilita minimizar os custos de manutenção por falha, agendando atividades de manutenção padrão antes que ocorra uma falha.

Como mencionado pelo autor (Bakri et al., 2012) embora a manutenção preventiva preserve o equipamento contra a degradação, reduzindo a necessidade de ações corretivas complexas e caras, afeta negativamente a disponibilidade do equipamento. Isso, por sua vez, prejudica o alcance das metas de produção, especialmente no contexto de sistemas de produção em larga, como é possível encontrar na produção de componentes automotivos.

A manutenção corretiva segue o princípio de “execução até a falha”, onde o efeito não é necessariamente sério ou prejudicial à missão. As ações consistem na substituição de um sistema/equipamento com falha, de modo a garantir que a condição operacional esteja completa e sem falhas (Erkoyuncu et al., 2017b). A manutenção corretiva foca-se na identificação de falhas de causa numa avaria, sendo que a causa da avaria pode conter uma ou mais falhas no sistema (Wang, Deng, Wu, Wang, & Xiong, 2014). Como referido em (Erkoyuncu et al., 2017a), a manutenção corretiva segue o princípio de "execução até a falha", em que o efeito não é necessariamente sério ou prejudicial à missão. A ação da manutenção corretiva consiste na substituição de um sistema, subsistema ou componente com falha, para garantir que a condição operacional completa e sem falhas seja restaurada. Naturalmente, a manutenção corretiva também cobre as falhas inesperadas que podem ser graves ou interromper o funcionamento do equipamento.

### **3.2.4. Manutenção de Qualidade**

Com base no autor (R. Singh et al., 2013) a manutenção de qualidade tem como finalidade alcançar a satisfação do cliente através da entrega de produtos de alta qualidade. Através de melhorias específicas os defeitos são eliminados do processo após identificar o parâmetro da máquina que afeta a qualidade do produto. A transição é de controlo de qualidade do produto para garantia de qualidade ao cliente. Conforme os autores (Gouiaa-Mtibaa, Dellagi, Achour, & Erray, 2018), a condição do equipamento desempenha um papel fundamental na qualidade dos produtos produzidos. Como tal, a degradação dos equipamentos impacta de forma direta a qualidade dos produtos de saída, resultando na produção de produtos com menor qualidade ou de produtos não-conformes, levando à paragem do equipamento. Existe, então, uma ligação direta entre a taxa de falha dos equipamentos e a diminuição do nível de qualidade dos produtos.

### **3.2.5. Formação Contínua**

De acordo com (R. Singh et al., 2013), a melhoria contínua na produção do produto, na detecção de falhas e defeitos só é possível através da melhoria contínua do conhecimento e da habilidade dos operários responsáveis. Como tal, uma formação adequada e progressiva dos operadores é cada vez mais importante de forma a melhorar as suas competências, que, por sua vez, permite melhorias na produção do produto, detecção de falhas e defeitos.

### **3.2.6. Segurança, Saúde e Ambiente**

Segundo (R. Singh et al., 2013), o propósito do pilar da segurança, saúde e ambiente tem como objetivo a criação de espaço de trabalho seguro, que não seja prejudicado pelos processos e/ou procedimentos utilizados, sendo também importante na medida em que permite um espaço de trabalho visualmente apelativo e agradável. Tem como meta eliminar potenciais riscos de saúde e segurança, de forma a atingir zero acidentes, zero problemas de saúde associados e zero fogos, criando um ambiente de trabalho livre de acidentes. De acordo com (Mwanza & Mbohwa, 2017) a segurança na manutenção, em particular, é realçada por várias razões que contribuíram para vários acidentes relacionados à manutenção da segurança. São variadas as razões para a ocorrência de problemas de segurança na manutenção, como o treino inadequado para trabalhadores de manutenção, má gestão, ferramentas de trabalho inadequadas ou insuficientes, tempo insuficiente para executar as tarefas de manutenção necessárias, padrões e ferramentas de segurança inadequados ou inexistentes, instruções e procedimentos de manutenção inexistentes, escritos de forma incorreta e sem procedimento específico e fraca conceção do equipamento.

### **3.2.7. TPM administrativo**

De acordo com o autor em (R. Singh et al., 2013), o TPM administrativo é utilizado de forma a melhorar a produtividade e a eficiência das funções administrativas. A melhoria inclui a análise de processos e procedimentos que podem ser automatizados. O TPM administrativo aborda nove perdas importantes, sendo estas: perdas de processamento, perdas de custos (incluindo áreas como compras, contas, marketing, vendas que levam a *stocks* elevados), perdas de comunicação, perdas por inatividade, perdas de configuração, perdas de precisão, perdas por avarias do

equipamento de escritório (canal de comunicação repartição, linhas de telefone e fax) e perdas por tempo gasto na recuperação de informações.

### **3.2.8. Gestão antecipada de equipamentos**

Para o autor em (Rodrigues & Hatakeyama, 2006), a presença de técnicos ligados à manutenção é essencial desde o início na concepção de novos projetos ou aquisição de novos equipamentos. A experiência dos técnicos a lidar com avarias é fundamental para que o projeto seja concebido de forma correta ou que a instalação dos novos equipamentos seja executada de forma correta.

## **3.3. KPI (Key Performance Indicators)**

Para o autor em (Y. Li, O'Donnell, García-Castro, & Vega-Sánchez, 2017), os KPI's podem ser considerados partes críticas de informação, capazes de ajudar a avaliar e a monitorizar os principais aspetos de desempenho de uma organização. Os KPI's fornecem a base necessária para determinar que dados devem ser recolhidos, com que frequência devem ser recolhidos e como apresentá-los (Van gorp, 2005).

### **3.3.1. MTBF (Mean Time Between Failure)**

O tempo médio de bom funcionamento, ou tempo médio de funcionamento entre avarias, é medido pelo tempo em que a máquina deveria estar funcional. Segundo (Prashar, 2017a) o MTBF é um indicador de fiabilidade do equipamento. Pode ser calculado com a seguinte fórmula:

$$MTBF = \frac{\text{tempo de funcionamento}}{\text{número de avarias}} \quad (1)$$

Para equipamentos caracterizados por uma taxa de MTBF considerada muito baixo, a manutenção preventiva deve ser precedida por atividades de manutenção proativa focada, com o objetivo de reduzir e estabilizar a taxa de risco. Por outro lado, para equipamentos caracterizado por uma taxa de MTBF considerada muito alto, deve ser possível decidir se optam por adotar a manutenção preventiva ou corretiva, de forma a reduzir os custos e a obter o máximo dos recursos disponíveis (Braglia et al., 2012).

### 3.3.2. MTTR (Mean Time To Repair)

O tempo médio de avaria, ou tempo médio para reparação, é medido pelo tempo médio que demora a efetuar uma reparação nesse equipamento. É um indicador de fiabilidade do equipamento. Pode ser calculado com a seguinte fórmula:

$$MTTR = \frac{\text{tempo total de reparação}}{\text{número de reparações}} \quad (2)$$

### 3.3.3. OEE (Overall Equipment Effectiveness)

A performance de produção do equipamento é medida pelo OEE, ou como utilizado na empresa em questão, RO (resultados operacionais). Segundo (Hedman, Subramaniyan, & Almström, 2016) o OEE é calculado através da seguinte fórmula:

$$OEE = \text{Disponibilidade} * \text{Eficiência performance} * \text{Taxa qualidade} \quad (3)$$

Que adaptando aos quadros da empresa se traduz na seguinte equação:

$$OEE = Do * Tp * Tq \quad (4)$$

Sendo o produto dos seguintes parâmetros: disponibilidade operacional ( $Do$ ), taxa de performance ( $Tp$ ) e a taxa de qualidade ( $Tq$ ).

De acordo com o autor (Hedman et al., 2016) a disponibilidade operacional tem em conta todas as intervenções de manutenção no equipamento. É o rácio entre o tempo de funcionamento e o tempo requisitado.

$$Do = \frac{\text{tempo de funcionamento}}{\text{tempo requisitado}} \quad (5)$$

Os seguintes fatores têm influência nas perdas por disponibilidade própria:

- As falhas de equipamento são categorizadas como perdas de tempo quando a produtividade é reduzida e perdas de quantidade causadas por produtos defeituosos;
- As perdas por tempo de configuração e ajuste resultam em tempo de inatividade e em peças não conformes ocorrendo quando a produção de uma peça termina e o equipamento é ajustado para atender aos requisitos de outra peça.



Também segundo (Hedman et al., 2016) a taxa de qualidade é o rácio entre o número de peças conformes fabricadas (PBF) e o número total de peças fabricadas (TPF) num determinado período.

$$Tq = \frac{\text{número de peças fabricadas conformes}}{\text{número de peças fabricadas}} \quad (6)$$

Os seguintes fatores têm influências nas perdas de qualidade:

- O rendimento reduzido ocorre durante os estágios iniciais de produção, desde o início de produção da máquina até à estabilização do seu processo produtivo;
- Os defeitos de qualidade e o retrabalho são perdas de qualidade causadas pelo funcionamento incorreto do equipamento de produção.

O autor (Hedman et al., 2016) refere que a taxa de performance é o rácio entre o tempo de ciclo teórico (Tcyth) e o tempo de ciclo real (Tcy).

$$Tp = \frac{\text{tempo de ciclo teórico}}{\text{tempo de ciclo real}} \quad (7)$$

Os seguintes fatores têm influência nas perdas de performance:

- Inatividade e pequenas perdas ocorrem quando a produção é interrompida por um mau funcionamento temporário ou quando a máquina está em marcha lenta.
- Perdas de velocidade reduzidas referem-se à diferença entre a velocidade de projeto do equipamento e a velocidade real de operação.

### 3.4. Máquina-Tampão

Para (L. Li, 2018), máquina-tampão de um sistema produtivo é reconhecido como a máquina que tem o maior impacto na performance do sistema. Segundo (Chiang, Kuo, & Meerkov, 1998) é considerada máquina-tampão a máquina que atrasa a performance do sistema produtivo de forma mais acentuada. Da mesma forma, um aumento do tempo de atividade da máquina-tampão leva a um maior aumento produtivo do sistema (doc. Chiang). A máquina-tampão é considerada, então, a máquina mais crítica do sistema em termos produtivos.

### 3.5. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, desenvolvido por Shewhart nos EUA nos anos 30, foi mais tarde promovido por Deming e atualmente amplamente conhecido como o ciclo de Deming. É uma ferramenta de qualidade para melhoria contínua, sendo uma das ferramentas mais usada à escala global. Para (Muhammad, 2015) o PDCA é uma ferramenta de melhoria contínua do ciclo de Deming. PDCA é abreviatura de planejar, fazer, confirmar, agir, usado como um ciclo iterativo de quatro etapas usado para melhoria de processos. De acordo com (Prashar, 2017b), existem quatro etapas no ciclo PDCA. As quatro etapas são: o Planeamento (preparar e criar estratégia); o Fazer (implementar e operacionalizar); a Verificação (monitorizar e avaliar); e, por fim, o Atuar (assegurar a continuação das melhorias e implementação de standards). Na fase do planeamento a preocupação passa pela definição de objetivos de qualidade e pela monitorização do processo. Na segunda etapa, os dados são recolhidos e, de seguida analisados, de forma a que os problemas sejam reconhecidos. Na terceira etapa, os problemas são analisados. Por último, é fase da ação, para eliminar os problemas e, por consequência, atingir os objetivos de qualidade. O ciclo PDCA é um conceito de processos de melhoria contínua incorporados na cultura de uma organização. O aspeto mais importante do PDCA está no ato após a conclusão de um projeto quando o ciclo começa novamente para a melhoria adicional (Sokovic, Pavletic, & Pipan, 2010).

De acordo com (Walasek, Kucharczyk, & Morawska-Walasek, 2011), embora o ciclo PDCA possa diferir conforme o tipo de atividades ou de área existem vários exemplos que são apresentados como gerais, como por exemplo:

- Planear - definição do conceito, metas e objetivos; identificação problemas e pontos críticos; treino; desenvolvimento de modelos, modelos, metodologia.
- Fazer - resolver um problema em pequena escala; preparação de documentos e procedimentos; descrição o processo; pilotagem.
- Verificar – medição dos resultados; avaliação das soluções; comparação dos resultados com os objetivos estabelecidos; preparação de normas, procedimentos de garantia de qualidade e revisão processo.
- Agir - implementação a 100%; implementação como procedimento *standard*; introdução na cultura da empresa.

### 3.6. 5S

Os 5S é uma metodologia Lean integrante da gestão visual dentro das empresas. Esta ferramenta é originária do Japão e, bem implementada, pode melhorar os níveis de segurança, promover a ordem, gestão e limpeza da área de trabalho através da eliminação de desperdício, ou seja, de atividades com valor não acrescentado (Omogbai & Salonitis, 2017; Venkateswaran, Nahmens, & Ikuma, 2013; Kilpatrick, 2003; Ohno, 1988).

O objetivo original desta ferramenta era obter melhores resultados a nível de eficiência e qualidade do produto. No entanto, com o passar do tempo, a implementação Lean, com os 5S incluídos, resultou numa melhoria da produtividade, qualidade e segurança (Omogbai & Salonitis, 2017; Venkateswaran, Nahmens, & Ikuma, 2013). Os benefícios geralmente vistos em fábrica são facilmente vistos por qualquer pessoa, desde a criação de um ambiente mais 'saúdável' e positivo e a melhor perceção do cliente, até outros benefícios não tão diretos, como a redução dos tempos de espera e a melhoria de controlo operacional dos processos.

A aplicação dos 5S é a base de desenvolvimento de atividades de melhoria contínua, é robusta e sustentada e promove o trabalho em equipa. Esta filosofia tem por base 5 palavras japonesas que devem seguir esta ordem de modo a conseguir-se obter sucesso: Seiri, seiton, seiso, seiketsu e shitsuke.

#### 3.6.1. Seiri (triar/separar)

Seiri representa a **classificação** do que é necessário e o que não tem mais utilidade, ou seja, é a separação e eliminação de tudo o que não é necessário ao processo. Aplicando este 'S' irá ganhar-se espaço, tempo, dinheiro, energia, entre outros recursos importantes, em suma, irá melhorar-se a eficiência, no geral (Ikuma & Nahmens, 2014).

Este conceito é usado pois, ao longo do tempo, a organização cada vez se torna mais cheia e com mais dificuldades de movimentação, com materiais que já deixaram de ter utilidade e que passaram a ser como uma barreira entre as pessoas e o equipamento. Com isto é desperdiçado tempo e o fluxo na empresa torna-se mais dificultado.

Uma forma de aplicar esta ferramenta é aplicar etiquetas de diferentes cores, cada uma com um significado específico, e classificar os objetos para determinar a sua necessidade.

### 3.6.2. Seiton

Este segundo termo significa **organizar**, ou seja, colocar e definir a forma de ordenar o que é necessário, de maneira a tornar mais eficiente e acessível ao colaborador. Este pilar apenas pode ser utilizado após a implementação do primeiro (Ikuma & Nahmens, 2014; Omogbai & Salonitis, 2017).

Este pilar aplica-se de maneira a eliminar vários desperdícios, como a movimentação de pessoas, o tempo de procura, energia, inventário em excesso e material defeituoso. Pode-se implementar com o recurso à rotulação de objetos/processos de acordo com a frequência de utilização.

### 3.6.3. Seiso

Seiso significa **limpar**, tanto a zona de trabalho como a restante instalação e determinar as causas da sujidade, de maneira a se conseguir encontrar a causa-raiz e eliminá-la. Este pilar visa manter o local de trabalho sempre limpo de modo a melhorar as condições gerais, obter uma maior segurança interna, tornar os problemas mais evidentes à vista humana e motivar os colaboradores (Ikuma & Nahmens, 2014; Omogbai & Salonitis, 2017).

### 3.6.4. Seiketsu

Seiketsu é **normalizar**, estabelecer as regras de trabalho e formalizar a organização. *Standardizar* é o método de garantir que os três primeiros pilares se mantêm implementados e a ‘funcionar’ (Omogbai & Salonitis, 2017).

Este pilar aplica-se para assegurar a consistência de todos os operadores na realização de um procedimento, de maneira a impedir que situações que ocorriam antes de se introduzir os 5S voltem a repetir-se e se voltar ao ponto de partida.

### 3.6.5. Shitsuke (sustentar)

Este último termo refere-se a **respeitar** este seguimento e tomá-lo como um hábito diário, respeitando as regras apresentadas e melhorar continuamente, repetindo o ciclo de implementação dos cinco pilares (Aliperta, 2013).

Esta fase é muito importante para permitir que o sistema continue e que os 5S façam parte integrante do dia-a-dia na empresa.

O resultado com a aplicação dos 5S é uma melhor organização do espaço de trabalho, onde os trabalhadores possam facilmente distinguir condições para assegurar

uma redução dos defeitos e custos e conseguir manter um ambiente de trabalho seguro (Ikuma & Nahmens, 2014; Omogbai & Salonitis, 2017).

### **3.7. Análise de causas raiz**

Análise de causa raiz é um processo utilizado para a identificação de erros subjacentes, variações no desempenho e que permite o desenvolvimento de estratégias eficazes para a diminuição da probabilidade de eventos semelhantes possam ocorrer no futuro. Este processo envolve cinco etapas principais:

- I. Definição do problema e recolha de dados;
- II. Identificação, classificação e priorização de possíveis contribuidores;
- III. Identificação das causas raízes;
- IV. Geração de soluções;
- V. Implementação das mudanças no sistema e difusão de resultados.

Tem como objetivo identificar e reduzir erros sistemáticos que podem ser corrigidos através da prevenção de eventos adversos (Kung, Brook, Eisenberg, & Slanetz, 2016a). É uma valiosa ferramenta de fácil aprendizagem. Captura de maneira simples tanto a perspetiva geral como os detalhes. Facilita também a avaliação do sistema, análise da necessidade de correção de ações, rastreamento e acompanhamento de tendências (Al-Zwainy & Mezher, 2018)

#### **3.7.1. Diagrama de Pareto**

A análise de Pareto é uma técnica focada em identificar as áreas problemáticas mais importantes. O conceito de Pareto, chamado depois do século XIX pelo economista italiano Vilfredo Pareto, é que relativamente poucos fatores geralmente são responsáveis por uma grande percentagem do total de casos (Al-Zwainy & Mezher, 2018).

#### **3.7.2. Análise 5 Porquês**

A análise 5 Porquês é um técnica focada num processo iterativo em que a causa subjacente de outra causa é identificada. O processo implica questionar de forma contínua o “Porquê” de alguma causa ter ocorrido (Kung, Brook, Eisenberg, & Slanetz, 2016b).

O conteúdo do Capítulo 3 é de grande importância para a execução de todo o projeto prático, uma vez que alia o conhecimento teórico a toda a execução prática do projeto. O Capítulo 4 visa a implementação de todo o plano para a fiabilização da linha em questão, em que é desenvolvido o projeto em termos práticos.

## 4. Projeto prático

Introduza o porque deste capítulo e como está estruturado.

O Capítulo 4 destina-se à aplicação prática de um plano TPM para a fiabilização da linha dos Tambores. O Projeto prático está estruturado da seguinte forma: inicialmente uma apresentação geral da linha, seguido da explicação de todo o plano de trabalhos inerente à fiabilização da linha, bem como as metodologias usadas e, por fim, o desenvolvimento das tarefas do plano TPM na linha.

A Renault CACIA, dada a diferença entre o rendimento operacional real e o rendimento operacional proposto, sentiu a necessidade de maximizar o RO da UET dos Tambores, UET considerada prioritária para os objetivos globais da empresa devido ao crescimento da necessidade de produção. A UET, 3443 – Tambor, possui 15 máquinas e tem cerca de 516  $m^2$  de área afeta à linha. Sendo que a UET possui 3 linhas de produção, os resultados estão separados também em 3 linhas, de modo a serem analisadas individualmente.

Na figura 13 é apresentado o gráfico de evolução do RO da UET dos Tambores relativo ao período desde o início do ano até ao início da implementação do projeto (outubro). A linha contínua no gráfico representa os objetivos de RO propostos para todo o período. Neste gráfico é possível observar que tanto o RO da “Maquinação - Linha A” como o RO da “Montagem” se têm vindo a degradar ao longo dos meses, como podemos observar pela evolução dos últimos meses do período exposto quando comparados com a média de 2017. Da mesma forma, é possível observar que em nenhum dos meses analisados o objetivo foi cumprido. De salientar também, e como é perceptível no gráfico, que a “Maquinação – Linha B” se trata de uma linha recente, que apenas teve início de produção em abril de 2017.

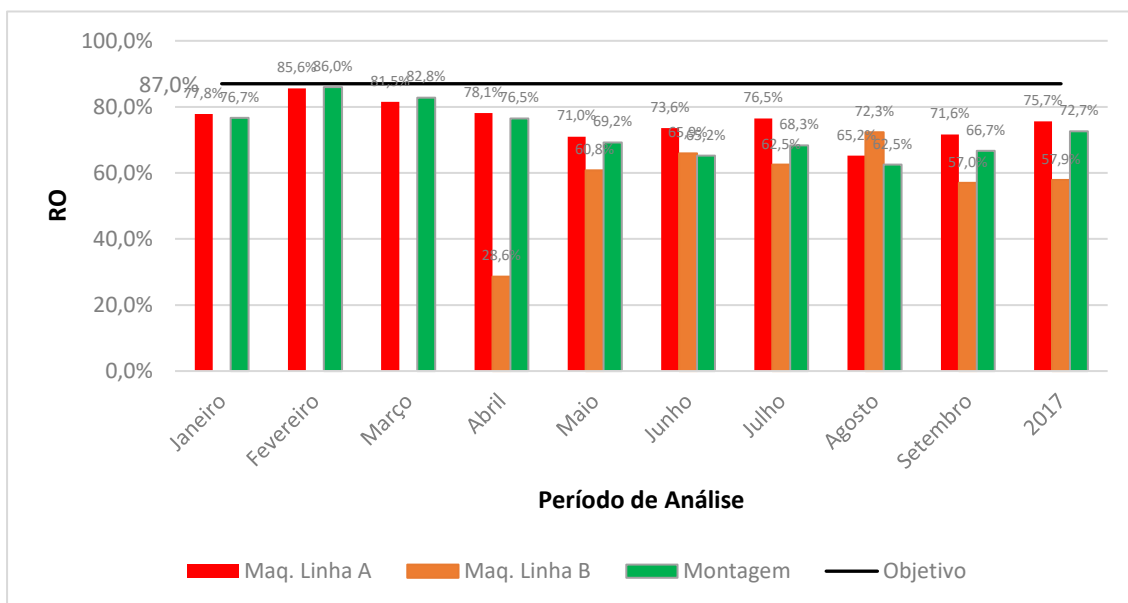


Figura 13 - Evolução RO nos Tambores, 2017

Na figura 14 é apresentada a distribuição de perdas, em minutos, nos Tambores no período de junho a setembro de 2017, o período de análise escolhido. O gráfico mostra o tempo de paragem por cada família de perdas.

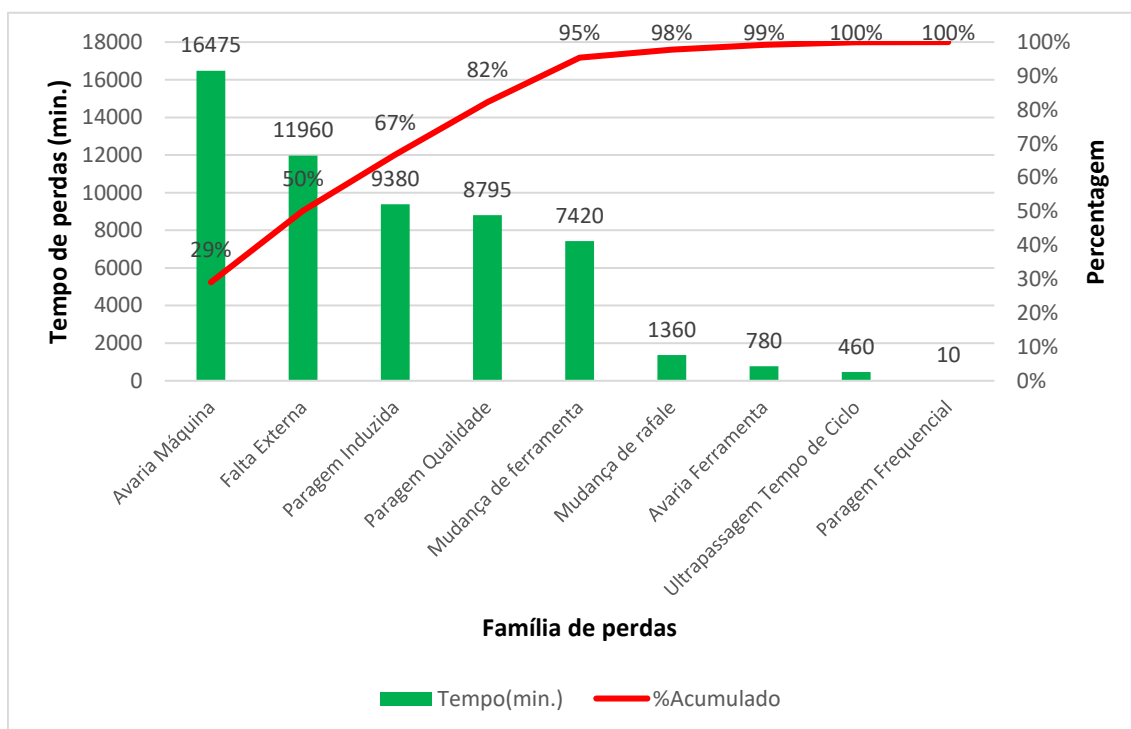


Figura 14 - Gráfico de Perdas UET 3443 – Tambores



Como é possível verificar na figura 14, as avarias nas máquinas são as maiores responsáveis pelo elevado tempo de paragem. O tempo de paragem por avarias nas máquinas representa 29% de todas as perdas na UET dos Tambores no período analisado. Tendo em conta a análise feita anteriormente, foi decidido que o projeto deveria incidir na redução das perdas por avarias nas máquinas, de forma a que os objetivos de RO se aproximem com os propostos pela empresa.

## 4.1. Apresentação da UET dos Tambores

A linha do Tambor encontra-se localizada na fábrica da Renault CACIA e está implantada no edifício Componentes Mecânicos. A figura 15 ilustra a localização da UET dos Tambores nas instalações da fábrica de Renault CACIA:

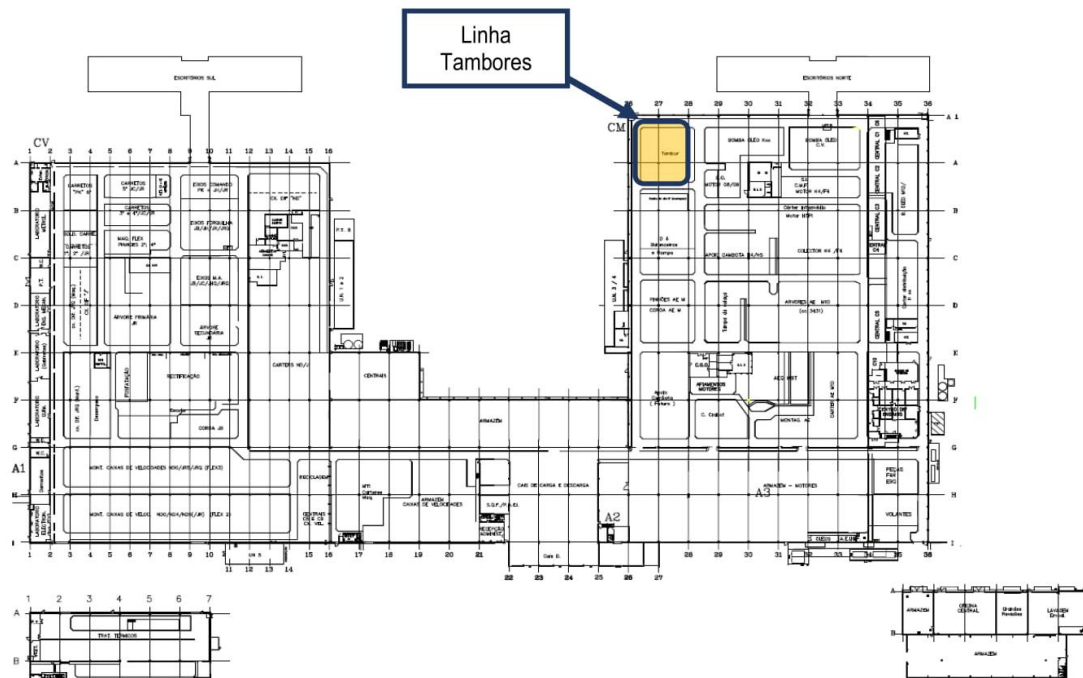


Figura 15 - localização UET dos Tambores

A disposição atual das máquinas da UET, como representado na figura 16, faz com que a tipologia de produção seja contínua.

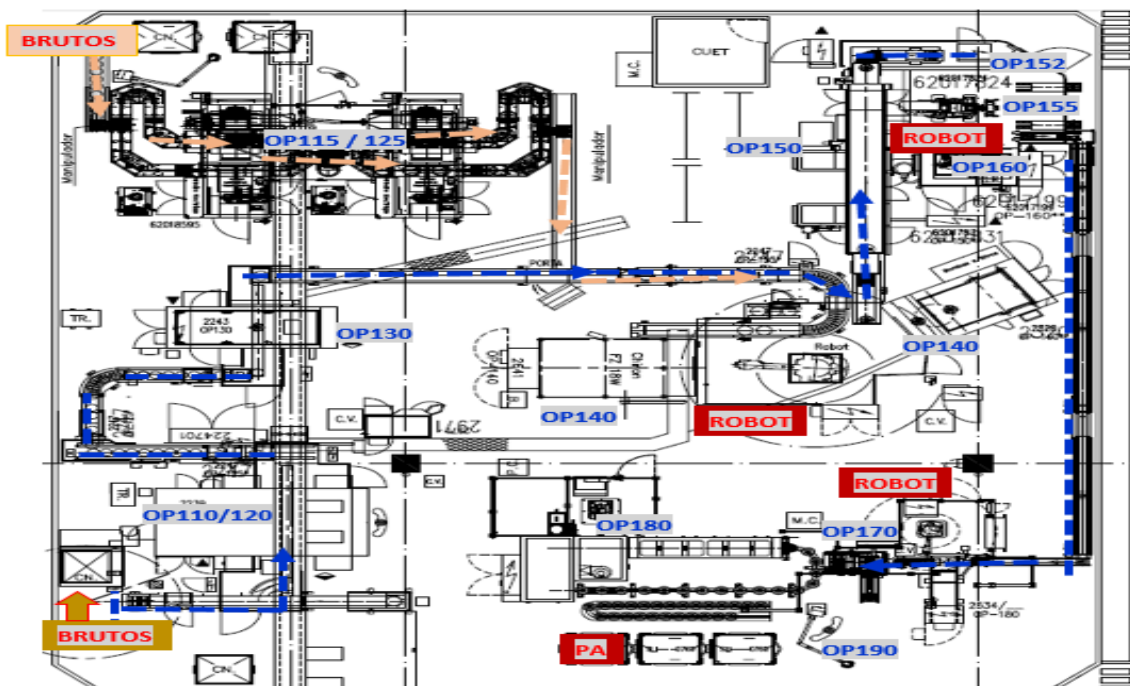


Figura 16 - Layout Linha do Tambor

O Tambor é um componente essencial para o sistema de travagem de qualquer automóvel. Os freios são um componente de segurança importante. O freio de Tambor funciona com o princípio de fricção e calor. Quando a resistência ou fricção é aplicada a uma roda de rotação, o sistema de freio do veículo faz com que as rodas desacelerem e, finalmente, parem. Durante este processo, o calor é gerado, fazendo com que a temperatura do freio aumente. Os fatores, que determinam a desaceleração do veículo, são o peso do veículo, a força de frenagem, o coeficiente de atrito e a distribuição da pressão sobre a área de superfície de travagem (O. P. Singh, Mohan, Venkata Mangaraju, Jayamathy, & Babu, 2010).

*Tabela 1 - Nº de operações e respectivas máquinas da linha A de maquinaria*

Linha	Operação		Máquina	
	Nº	Designação	Nº	Designação
A	100	Carregamento dos brutos	-	-
	110	Torneamento em desbaste do diâmetro interior	2239	Torno Nodier EMAG
	120	Torneamento e acabamento da face e diâmetro exterior		
	130	Torneamento em acabamento da pista de travagem	2243	Torno Nodier EMAG

Tabela 2 - Nº de operações e respetivas máquinas da linha B de maquinação

Linha	Operação		Máquina	
	Nº	Designação	Nº	Designação
B	115	Desbaste e acabamento do diâmetro exterior	8594	Torno EMAG VSC 400
	125	Desbaste e acabamento do diâmetro interior	8595	Torno EMAG VSC 400

Tabela 3 - Nº de operações e respetivas máquinas da linha de montagem

Linha	Operação		Máquina	
	Nº	Designação	Nº	Designação
Montagem	140	Furação e roscagem do tambor	2320	Centro de Maquinação Chiron
			2641	Centro de Maquinação Chiron
	150	Lavagem e sopragem do tambor	7831	Túnel de Lavagem/Sopragem
	152	Controlo 100% ausência de fissuras na pista de travagem	7899	MAHR
	155	Controlo 100% diâmetro; Concentricidade diâmetro da jante; Batimento e circularidade do diâmetro da pista; Centragem da jante.	7839	MAHR
	160	Equilibragem do tambor	7199	Máquina de Equilibrar CEMB
	170	Montagem do rolamento, freio e ABS	2534	Prensa FABRICOM
	180	Pintura	8028	Cabine Pintura Intellysyst
	185	Marcação		
	190	Embalagem do tambor		

A peça em bruto chega para ser transformada através de processos de maquinação, tais como: torneamento em desbaste, torneamento em acabamento, furação e torneamento em roscagem. De seguida, a peça segue para um processo de lavagem e sopragem e, posteriormente, para um processo de controlo de fissuras, diâmetro, concentricidade, circularidade e centragem. Após a equilibragem do Tambor,

a peça segue para um processo de montagem do rolamento, freio e encoder, pintura, marcação e, por fim, embalagem do Tambor.

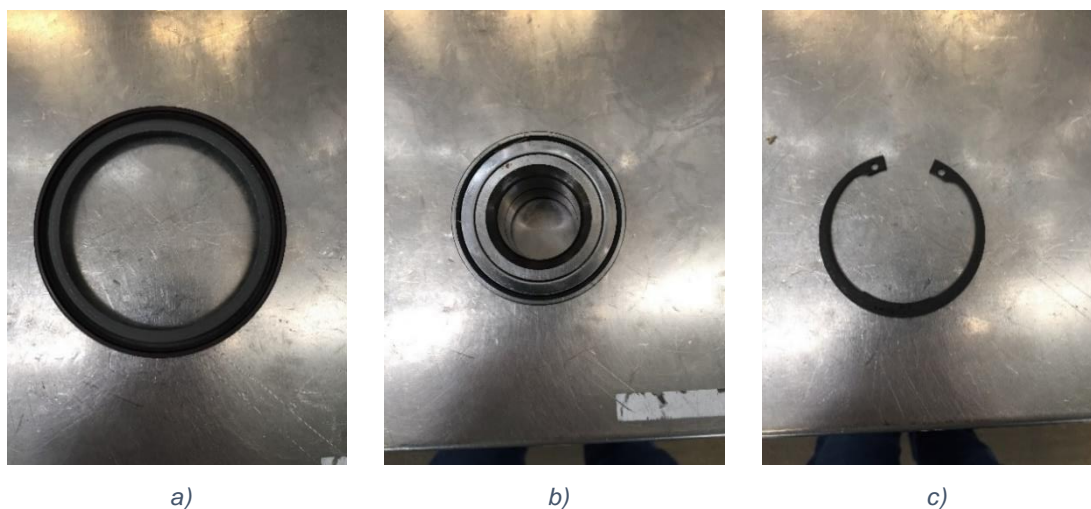


Figura 17 - a) Encoder, b) Rolamento e c) Freio

O abastecimento de POE's (Produto de origem externa) à linha do tambor é assegurado por um operador do DLI (Departamento de Logística Industrial). No caso dos tambores em bruto, estes são fornecidos em contentores e aprovionados na área de armazém dos POE's dos componentes mecânicos e posteriormente abastecidos em base-rolantes diretamente à linha de produção. Na linha são aprovionados junto à máquina que efetua a operação 110/120 e junto à máquina que efetua a operação 115. O contentor é colocado sobre um sistema de inclinação hidráulico. Sempre que um contentor fica vazio, fica a cargo do operador do DLI recolher o vazio e reabastecer. No caso dos rolamentos, freios e ABS, estes são fornecidos em caixas de cartão e colocados em tubos de abastecimento, junto à Prensa de Montagem, que efetua a operação 170, como é possível observar na figura 18. Em relação ao produto acabado, este é transportado via AGV (*Automated Guided Vehicle*) para o armazém dos componentes mecânicos, zona do produto acabado, e por sua vez expedidos para o cliente.



Figura 18 - Abastecimento POE's na operação 170

A UET dos Tambores apresenta alguma diversidade de produto, tendo a linha de produção a capacidade de produzir três tipos de tambores.

Tabela 4 - Diversidade de Tambores

Designação		
1x-TAMBO VENTIL ASS	MOYEU TAMBOUR VENTILE 9"	
MV-TAMBOR X 61 ASS	MOYEU TAMBOUR 9" CEA5t	
FF-TAMBOR MONTADO	MOYEU TAMBOUR 9" Mt	

No ano de 2017 a linha produz apenas dois dos tipos de tambores disponíveis: o uma capacidade de produção de 474 048 peças/ano, tendo um tempo de abertura de

137,17 horas/semana num total de 48 semanas de trabalho/ano. A linha tem a seguinte capacidade de produção:

- 474 048 peças/ano
- 9 876 peças/semana
- 1646 peças/dia
- 548 peças/equipa da semana; 824 peças/equipa do fim de semana

Atualmente a linha trabalha em três turnos diários, 5 dias por semana, tendo depois turnos diários de 12h aos fins de semana consoante as necessidades, não sendo fixas as equipas de fim de semana. As equipas estão classificadas como 1ª equipa (turno 6h-14h), 2ª equipa (turno 14h-22h), 3ª equipa (turno 22h-6h), 4ª equipa (turno 6h-18h, fim de semana) e 5ª equipa (turno 18h-6h, fim de semana). Cada um dos cinco turnos conta com uma equipa com 3 operadores, um condutor de linha e um chefe de UET.

Todas as semanas existe uma paragem programada por parte da manutenção, com uma duração de 4 horas. A paragem programada é planeada antecipadamente pelo CUET e pelo fiabilista da UET, maioritariamente para ações de manutenção preventiva, PMA e correção de anomalias detetadas (DCA). Para esta paragem, são necessários pelo menos dois profissionais da manutenção, um mecânico e um eletricista, variando consoante a quantidade de ordens de trabalho (OT) preventivas e o número de anomalias detetadas. Quanto às atividades de PMA, estas são realizadas pelos operadores da linha.

## **4.2. Plano de trabalho de Fiabilização da linha**

O plano elaborado, que terá por base os fundamentos e pilares da filosofia TPM, com a designação de *Chantier de Fiabilidade*. O plano foi elaborado com o intuito de resolver o problema relacionado com as elevadas perdas por avarias nas máquinas das linhas críticas de produção. O plano possui 6 etapas, como mostrado na figura 19, no qual é apresentada a sequência das etapas, a calendarização da duração de cada etapa por semanas e o tipo de tarefas a serem realizadas em cada uma das etapas.

A figura 19 será também utilizada para registo visual do desenvolvimento do plano, em que estarão assinaladas as tarefas a verde caso esteja concluída, a amarelo caso esteja em realização e a branco caso ainda não tenha sido iniciada.

AVANÇO DO CHANTIER LEAN MANUTENÇÃO - TAMBORES																																		
SEMANA DE ABERTURA																																		
TEÓRICO																																		
S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61	S62	S63	S64	S65	S66	S67	S68	S69	S70	S71	S72	S73	S74	S75	S76	S77
REAL																																		
REAL																																		
ETAPA 0	ETAPA 1				ETAPA 2				ETAPA 3				ETAPA 4				ETAPA 5																	
Preparação	Priorizar equipamentos e definir metas				Analisar as causas de falhas				Tratamento das falhas. Definir e fazer cumprir as normas				Prevenir a reparação das falhas				Organizar a prevenção dos meios e a manutenção dos objetivos de performance.																	
<div><div></div><div>Verificação dos pré requisitos.</div></div>	<div><div></div><div>Escolher equipamentos.</div></div>				<div><div></div><div>Realizar a inspeção MP.</div></div>				<div><div></div><div>Colocar em prática as ações corretivas planejadas.</div></div>				<div><div></div><div>Desenvolver uma análise FMECA ao PMPro e PMA.</div></div>				<div><div></div><div>Atualizar todas as modificações e melhorias no GMAO.</div></div>																	
<div><div></div><div>Apresentação do Chantier. Preparação dos documentos, pré-análise.</div></div>	<div><div></div><div>Estabelecer lista de inspeção da Manutenção Programada.</div></div>				<div><div></div><div>Aplicar a 100% as tarefas do PMPro e PMA.</div></div>				<div><div></div><div>Confirmar a pertinência das ações colocadas em prática.</div></div>				<div><div></div><div>Síntese para a transversalização e capitalização.</div></div>				<div><div></div><div>Formar os intervenientes sobre a prática do PMP.</div></div>																	
<div><div></div><div>Definição da organização (indicadores, ferramentas,...)</div></div>	<div><div></div><div>Definir os objetivos da linha e dos equipamentos selecionados.</div></div>				<div><div></div><div>Desenvolver atividades de DCA.</div></div>				<div><div></div><div>Definir ou colocar em prática as condições nominais de utilização.</div></div>				<div><div></div><div>Estabelecer o equil. técnico entre PMP e gestão do PHF.</div></div>				<div><div></div><div>Sistematizar a análise de prevenção para evitar reincidências.</div></div>																	
	<div><div></div><div>Colocar em atividade o painel de atividades do Chantier Lean Manut.</div></div>				<div><div></div><div>Correção imediata de anomalias e degradações aceleradas.</div></div>				<div><div></div><div>Definir ou colocar em prática os procedimentos standards de condução do equipamento.</div></div>				<div><div></div><div>Atualizar o PMP.</div></div>				<div><div></div><div>Domínio absoluto dos custos MO + PHF.</div></div>																	
					<div><div></div><div>Escolha das análises de causas prioritárias.</div></div>				<div><div></div><div>Definir ou colocar em prática os procedimentos standards de manutenção.</div></div>								<div><div></div><div>Perenizar os bons resultados obtidos.</div></div>																	
					<div><div></div><div>Investigar as causas raiz das falhas.</div></div>				<div><div></div><div>Medir os efeitos e confirmar os objetivos.</div></div>																									
					<div><div></div><div>Identificar o piloto, as ações e os prazos.</div></div>																													
<div><div></div><div>Ação concluída.</div></div> <div><div></div><div>Ação em realização.</div></div> <div><div></div><div>Ação não iniciada.</div></div>																																		

Figura 19 - Plano TPM

### 4.2.1. Etapa 0: Preparação

A Etapa 0 leva em consideração alguns requisitos fundamentais de preparação para o início dos trabalhos.

### 4.2.2. Etapa 1: Priorizar equipamentos e definir metas

A Etapa 1 faz parte da fase do *PLAN* do ciclo PDCA no Plano de Fiabilização da linha. Após a conclusão da Etapa 0, que garante as condições para o início dos trabalhos do grupo, será iniciada a etapa 1 que cont m os seguintes pontos:

- Escolha do equipamento. A tarefa passa por selecionar as máquinas consideradas mais penalizantes para a linha, tanto para a produção como para a manutenção, tornando-as prioritárias. Devem ser consideradas as máquinas mais importantes no processo produtivo, cuja paragem por avaria tenha um impacto considerável no rendimento da restante linha. Essas máquinas serão o foco no desenvolvimento do plano de trabalho proposto. Caso existam similaridades com outras máquinas da linha tais como se tratarem da mesma família de máquinas então as mesmas também deverão ser prioritárias, multiplicando as ações para as restantes, de modo a que o benefício seja replicado para uma cadeia de equipamentos.
- Estabelecimento de lista de inspeção da Manutenção Programada.   necessário um plano de verificação dos equipamentos prioritários, para análise das



condições atuais das máquinas, de modo a verificar melhorias a efetuar para a eliminação de possíveis degradações.

- c. Definição dos objetivos da linha e dos equipamentos selecionados. Neste ponto é definido um objetivo de rendimento operacional para a linha e para as máquinas anteriormente selecionadas.
- d. Colocação do painel de atividades do “*Chantier Lean Manutenção*” em atividade. No painel é possível fazer o acompanhamento de todo o desenvolvimento do plano TPM, desde a situação inicial *plan*, passando pelas ações definidas *do*, pela evolução e verificação das ações realizadas *check* e finalizando com a avaliação da eficácia das ações *act*. O painel guia-se pelas etapas do ciclo PDCA, como podemos observar na figura 20.

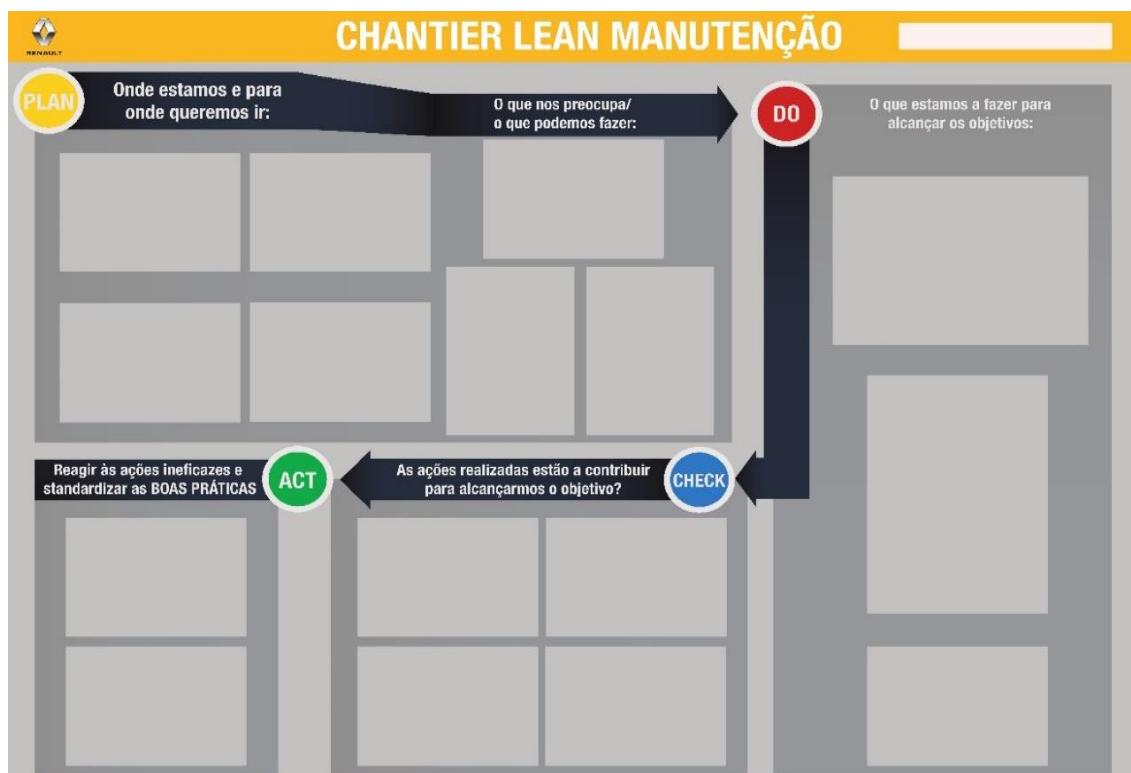


Figura 20 - Painel Chantier LEAN Manutenção

### 4.2.3. Etapa 2: Análise de causa das falhas

A Etapa 2 inicia a fase *DO* do ciclo PDCA. Trata-se de uma etapa de desenvolvimento de ações para identificação de problemas com base numa análise histórica das avarias das máquinas selecionadas e de verificação no terreno. A Etapa 2 contém os seguintes pontos:

- a. Realização da inspeção.
- b. Aplicação das tarefas do plano de manutenção preventiva (PMA + PMPro) a 100%. Exige o controlo dos planos de manutenção previstos para verificação da pertinência das ações impostas nos planos, bem como a identificação de possíveis dificuldades na execução ou incongruência de alguma ação. Tem como função o aumento de eficácia das ações do plano de manutenção preventiva.
- c. Desenvolvimento de atividades de deteção e correção de anomalias (DCA).
- d. Correção imediata de anomalias e degradações aceleradas. A tarefa em mãos complementa a tarefa anterior de desenvolver atividades de DCA, na tentativa de retornar ao estado original dos elementos da máquina.
- e. Escolha das análises de causas prioritárias.
- f. Investigação das causas-raiz das falhas. Tarefa diretamente associada ao desenvolvimento de melhorias específicas. Devem ser analisados cada uma das causas, num pequeno grupo de trabalho, de forma a que cada causa seja analisada de forma detalhado, para tratar a causa-raiz do problema.
- g. Identificação do piloto, ações e prazos. As ações do grupo de implementação do “*Chantier de LEAN Manutenção*” devem ser identificadas, bem como o seu piloto e os prazos de ação, de forma a que haja seguimento por parte dos mesmos.

#### **4.2.4. Etapa 3: Tratamento das falhas. Definição e cumprimento das normas.**

A Etapa 3 prossegue a fase *DO* do ciclo PDCA. Trata-se de uma etapa de implementação das ações desenvolvidas na etapa anterior e de avaliação dos efeitos produzidos. A Etapa 3 contém os seguintes pontos:

- a. Colocação em prática das ações corretivas planeadas. As ações planeadas devem corrigir as causas identificadas na etapa anterior através da análise.
- b. Confirmação da pertinência das ações aplicadas no ponto a.
- c. Definição ou colocação em prática das condições de utilização.
- d. Definição ou colocação em prática dos procedimentos *standards* de condução de equipamentos.
- e. Definição ou colocação em prática dos procedimentos *standards* de manutenção.
- f. Medição dos efeitos e confirmação dos objetivos. Deve-se medir os efeitos das ações desenvolvidas/aplicadas para confirmar se os objetivos propostos foram

alcançados. A análise dos indicadores chave de performance (KPI) é essencial para a avaliação dos resultados, tais como o RO da linha ou N-RO associado a avarias de máquina da mesma.

A junção das etapas 2 e 3 desenvolvidas constituirão a fase *DO* do ciclo PDCA implementado, com a exceção do ponto *f.* da etapa 3. O ponto *f.* estará incluído na fase *CHECK* do ciclo PDCA, sendo executada logo após a aplicação de ações.

#### **4.2.5. Etapa 4: Prevenção de reaparição das falhas**

A Etapa 4 incide no início da finalização do ciclo PDCA, mais concretamente na fase *ACT*, no qual tem como objetivo criar standards das boas ações praticadas até então. Com o decorrer da Etapa 4 prevê-se que os seguintes pontos sejam abordados:

- a. Desenvolvimento de uma análise FMECA ao plano de manutenção preventiva das máquinas prioritárias.
- b. Síntese para a transversalização e capitalização.
- c. Estabelecimento de equilíbrio entre os planos de manutenção preventiva (PMP) e a gestão do PHF (*stock* de peças substituíveis).
- d. Atualização do PMP.

#### **4.2.6. Etapa 5: Organização da prevenção de meios e a manutenção dos objetivos de performance**

Ainda incluído na fase *ACT* do ciclo PDCA a Etapa 5 tem a finalidade de fechar o dossier, não sem antes rever tudo o que foi feito anteriormente de forma correta e para que todas as conclusões retiradas sejam implementadas e partilhadas por todos os colaboradores ligados ao projeto. Para finalizar, a Etapa 5, etapa final, tem como tarefas:

- a. Atualização de todas as modificações e melhorias nos documentos da fabricação e manutenção no sistema.
- b. Formação dos intervenientes sobre as novas práticas no PMP.
- c. Sistematização da análise de prevenção para evitar novas reincidências.
- d. Domínio absoluto dos custos.
- e. Perpetuar os bons resultados obtidos.

### 4.3. Desenvolvimento das tarefas do Plano TPM na UET dos Tambores

#### 4.3.1. Etapa 0 - Preparação de tarefas

- a. Verificação dos pré-requisitos. Nesta atividade houve a necessidade de identificar os envolvidos em cada um dos pontos de pré-requisitos, bem como os responsáveis pelas. Como apresentado na tabela 3, é possível verificar os responsáveis pelas decisões de cada um dos pré-requisitos, bem como a sua situação atual.

Tabela 5 - Pré-Requisitos Chantier Fiabilidade

Pré requisitos para <i>kick-off</i> do Chantier Lean Manutenção	OK / NOK	Decisão
•Necessidade expressa pela hierarquia		CA Fabricação/ CA Manutenção
•Formação da hierarquia sobre o Chantier de Fiabilização		IS TPM-MPM
•Definição do piloto da manutenção com dedicação ao chantier a 100%		IS TPM-MPM
•Análise de perdas atuais com base mínima trimestral		CUET Fabricação
•Conhecer o N-RO por avaria		CUET Fabricação
•Taxa de realização dos PMA e PMPro correta		CUET/ CA Manutenção
•Histórico de ordens de trabalho		CUET Manutenção
•Escolha do piloto da equipa de trabalho		CUET Manutenção
•Construção do grupo		CUET Manutenção
•Definir o Validador de transição de etapas		IS TPM-MPM
•Conhecer o processo de Manutenção Programada		Grupo de trabalho
•Conhecer as 7 famílias de causas iniciais		Grupo de trabalho
•Saber como criar e documento OT		Grupo de trabalho
•Aplicação rigorosa do jornal de bordo		CUET Fabricação
•Dominar os documentos <i>standards</i> MPM: FOS, LP, QCStory, Análise dos 5 porquês, PMP (PMA + PMPro), Jornal de bordo, Plano de ação		CA Fabricação/ CA Manutenção, CUET Fabricação, CUET Manutenção
•Saber como redigir o MBR (doc suporte)		Grupo de trabalho
•Conhecimento e participação ativa em paragens programadas ( 10 basicos)		Grupo de trabalho + CUET Fabricação, CUET Manutenção
•Conhecer e aplicar o método de optimização do PMP / FMECA/ AMDEC		Grupo de trabalho + CUET Fabricação, CUET Manutenção

#### I. Formação do grupo de trabalho

#### II. Análise de Perdas (Fabricação)

A análise das perdas tem como objetivo conhecer melhor o passado e preparar melhor o futuro de uma linha de produção, bem como permitir aos diferentes setores saber as ações a fazer e o esperado que cada um dos setores em relação às diferentes perdas. A análise de perdas é utilizada para verificar se as ações tratadas no passado alcançaram verdadeiramente os objetivos propostos e, no caso de não terem alcançado os objetivos, iniciar ações corretivas complementares se necessário ou iniciar ações de vigilância e manutenção de forma a assegurar o nível atingido. É o conhecimento preciso das perdas crónicas das máquinas, com vista a orientar atividades.

Segundo a Renault Cacia, as famílias de perdas podem ser separadas em 12 grupos/categorias:

- Sucatas
- Ultrapassagem dos tempos de ciclo
- Avarias
- $\mu$ -paragens (Micro-paragens)
- Mudança de Ferramenta
- Mudança de Série/Rafale
- Paragem Qualidade
- Paragens Frequências
- Desconhecidas/Não documentadas
- Falta aprovação (POE, ...)
- Saturação, falta peças/fluxo
- Falta de pessoal

Na figura 21, é apresentado um gráfico com a distribuição das perdas por famílias, em minutos. Pelo gráfico conclui-se que a principal causa de perdas no período de análise foram as avarias, com 29% do total de perdas.

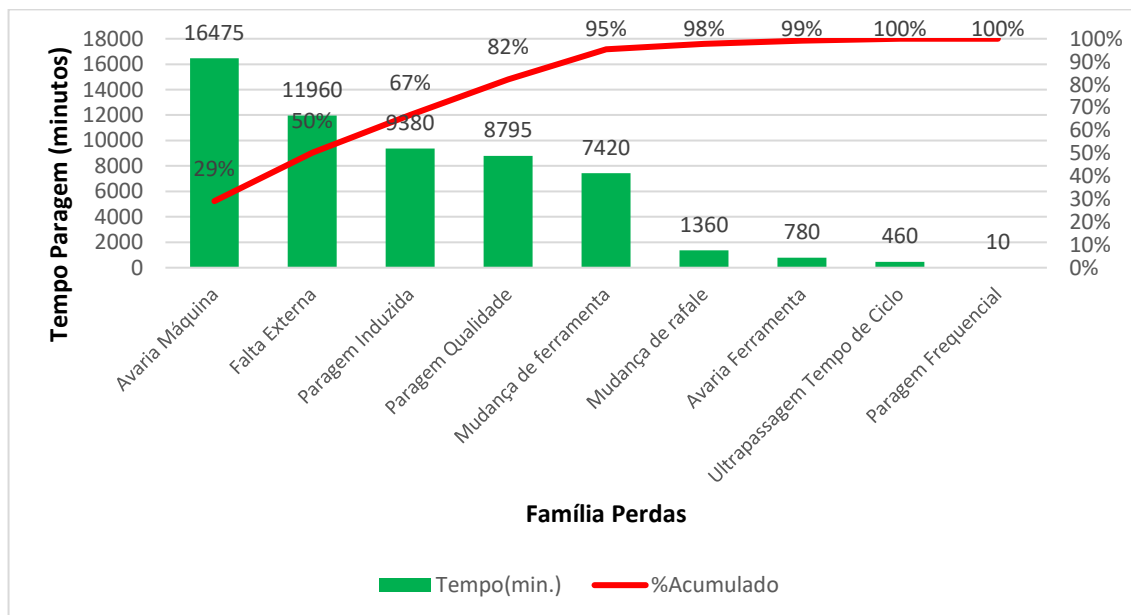


Figura 21 - Distribuição perdas por família no período de análise

Da mesma forma, na figura 22, é apresentado um gráfico com a distribuição dos tempos de paragem por avarias de máquinas de cada máquina. As máquinas que mais contribuíram para o valor de perdas por avarias de máquinas foram as máquinas 2239

e 2534, responsáveis por 30,6% e 21,1% do tempo de perdas por avaria, respetivamente.

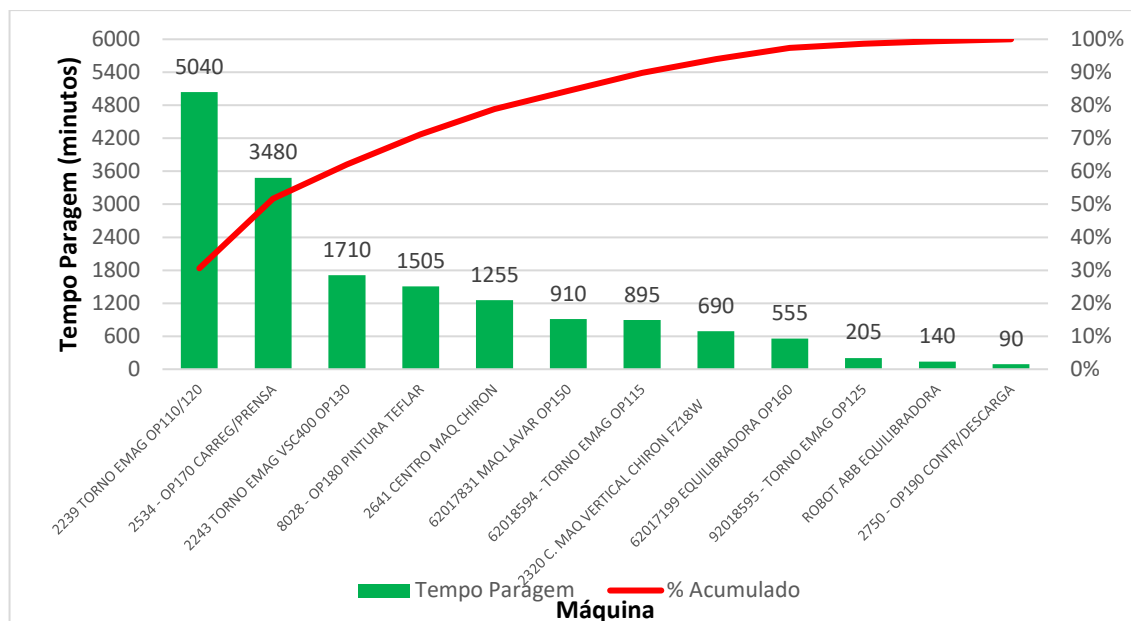


Figura 22 – Distribuição de perdas por máquina de avarias no período inicial analisado

### III. NRO (Não Rendimento Operacional)

No gráfico da figura 23 estão demonstradas as causas do NRO de todas as linhas nos meses do período de análise. Uma vez mais, verifica-se que a maior causa de perdas no RO (rendimento operacional) são as avarias nas máquinas, responsáveis por 10,84% do NRO da linha.

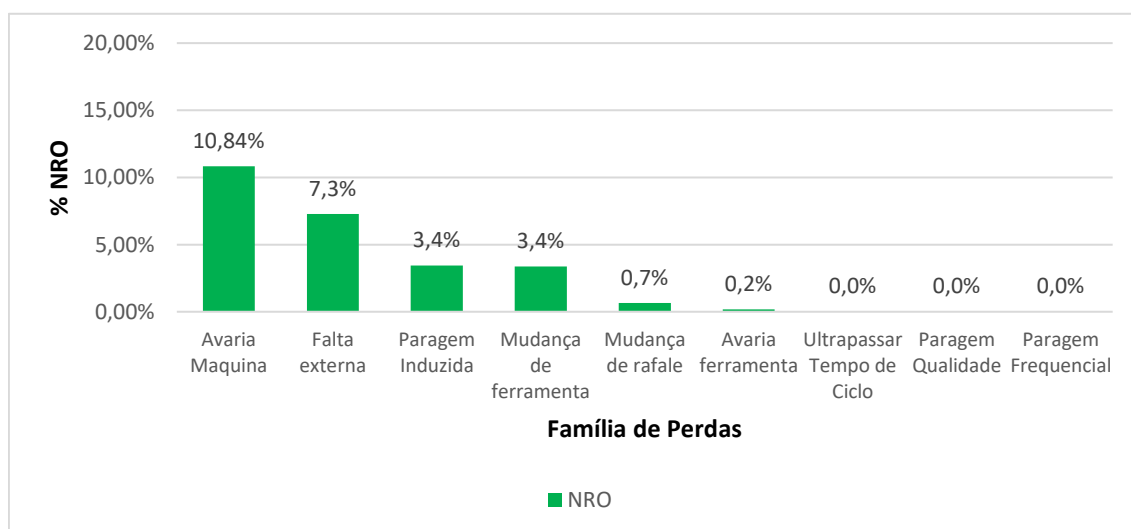


Figura 23 - Causas de NRO nos Tambores no período de análise

#### IV. Taxa de realização do PMA e PMPro

Para o cálculo da taxa de realização do PMPros na UET foi verificado qual o número de ordens de trabalho emitidas no período analisado e qual o número de ordens de trabalho realizadas no mesmo período. No período de análise foram emitidas 107 ordens de trabalho e foram realizadas 61 ordens de trabalho, logo foi possível verificar que a taxa de realização foi inferior a 60%.

No caso dos dados de realização do PMA, não existe nenhum sistema em que sejam guardados esses dados, razão pela qual a análise da taxa de realização do PMA não seja feita de forma correta e, como tal, não seja 100% fiável. Dado que os registos de atividades são feitos num documento afixado na própria máquina e que é preenchido manualmente (pelo operador) após a realização de uma ação, foi possível observar irregularidades que não permitiram a que a informação apresentada fosse considerada fiável no caso da taxa de realização dos PMA.

#### V. Histórico das ordens de trabalho

Para a avaliação das máquinas mais críticas, na visão da manutenção, é necessária a análise do histórico das ordens de trabalho do período de análise, uma vez que através da análise de cada ordem de trabalho é possível verificar quanto tempo foi necessário em cada avaria para que a máquina voltasse ao seu funcionamento normal.

A partir dos dados recolhidos da lista de ordens de trabalho da UET dos Tambores no período de análise, foi possível retirar o número de ordens de trabalho criado para a UET, 124 OT's, bem como o tempo de paragem total das mesmas, 210h20. Numa análise mais específica, foi possível calcular o número de avarias por cada máquina, bem como calcular o tempo de paragem por cada máquina devido a avarias.

A partir da análise do número de avarias e como mostra a figura 24 foi possível verificar que as cinco principais máquinas (2239, 2534, 8028, 2320 e 2243, respetivamente) em termos de nº avarias foram responsáveis por 75% do número total de avarias da UET.

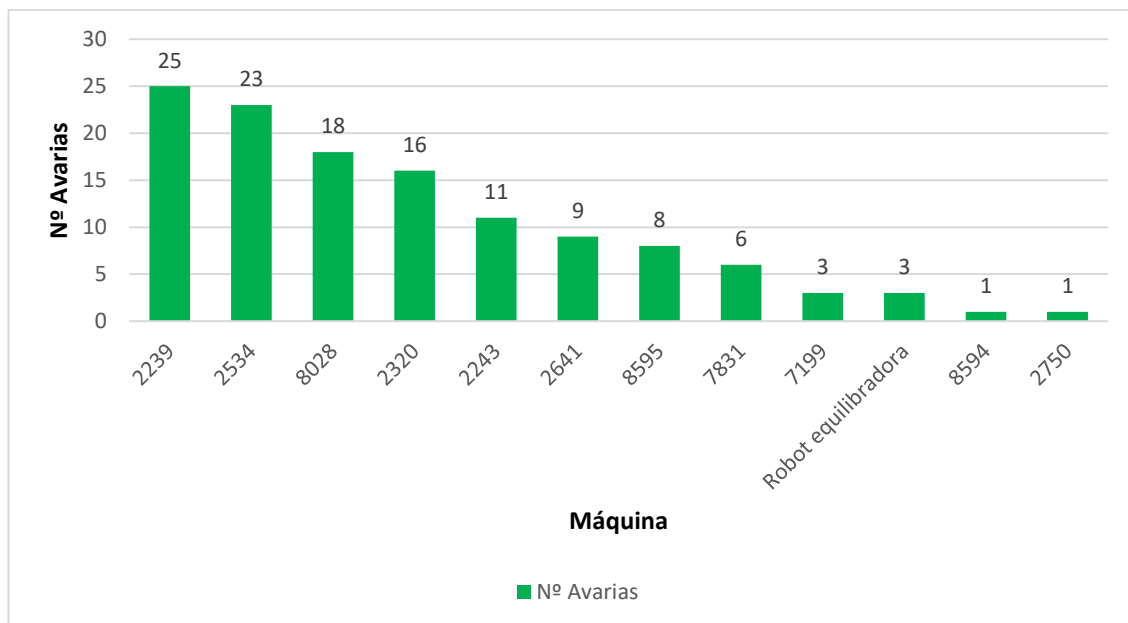


Figura 24 - Análise do nº de avarias nos Tambores no período de análise

A partir da análise do tempo de paragem e como mostra a figura 25 foi possível verificar que as cinco principais máquinas (2239, 2534, 7831, 8028 e 2320, respetivamente) em termos de tempo de paragem foram responsáveis por 80% do tempo total de paragem por avarias da linha.

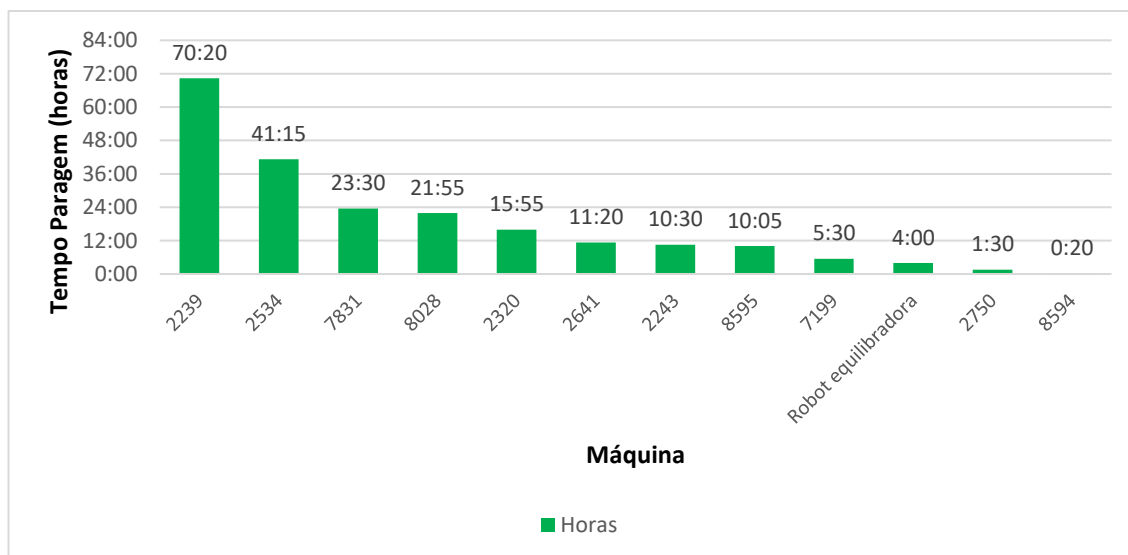


Figura 25 - Análise do tempo de paragem por avarias nos Tambores no período de análise



O gráfico gravidade- frequência ajuda-nos a verificar as máquinas que se encontram fora dos parâmetros propostos pela produção. Como é possível verificar, as máquinas que se encontram fora do quadrado vermelho no gráfico são as máquinas mais críticas, que não se encontram dentro de limites razoáveis. É possível verificar na figura 26 que as 2 máquinas mais penalizantes são as máquinas 2239 e 2534.

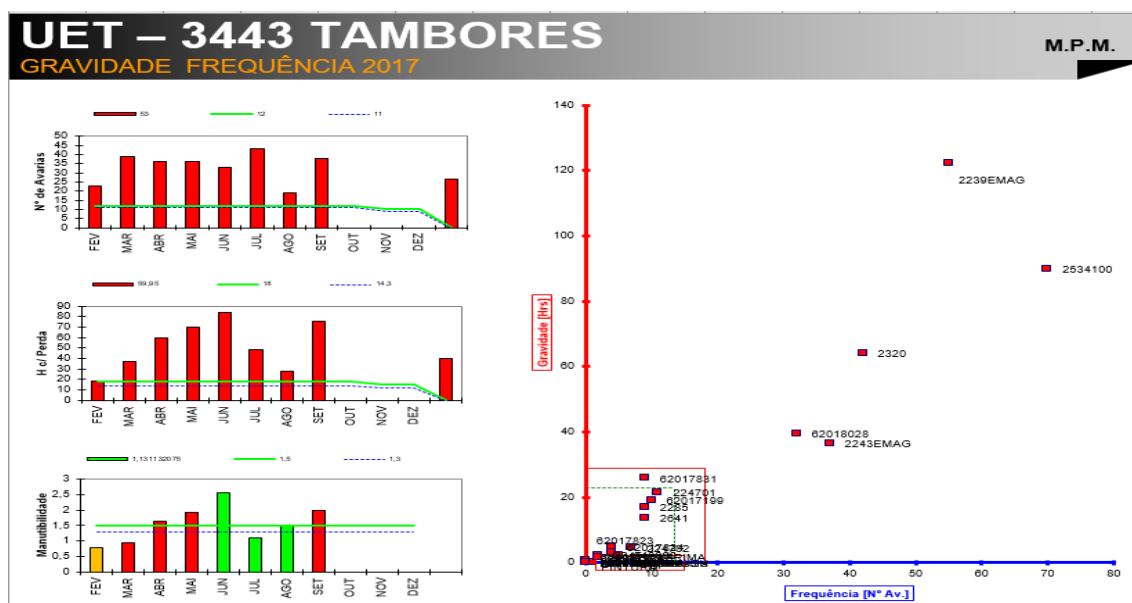


Figura 26 - Gráfico Gravidade-Frequência dos Tambores até setembro de 2017

#### 4.3.2. Etapa 1 – Priorizar equipamentos e definir metas

##### a. Escolha dos equipamentos.

A seleção dos equipamentos foi realizada a partir dos dados recolhidos na Etapa 0. Neste caso, foram selecionadas cinco máquinas prioritárias para serem trabalhadas no *Chantier de Fiabilidade*. As máquinas escolhidas tiveram em conta os dados relativos fornecidos pela fabricação e pela manutenção, de forma a serem selecionadas as máquinas que penalizassem mais os resultados operacionais da UET, mas outros critérios importantes foram tidos em conta, tais como família de máquinas, máquinas-tampão, máquinas únicas, tanto do ponto da fabricação como da manutenção.

A partir do gráfico da figura 22, é possível observar quais as máquinas mais penalizantes para a fabricação no período de análise inicial. As máquinas

com mais perdas acumuladas no período analisado foram as máquinas 2239, 2534, 2243, 8028 e 2641.

Tendo em conta o gráfico da figura 24, é possível observar quais as máquinas mais penalizantes em termos de número de ordens de trabalho para a manutenção no período inicialmente analisado. As máquinas com mais avarias tendo em conta o número de ordens de trabalho criadas foram as máquinas 2239, 2534, 8028, 2320 e 2243.

De acordo com o gráfico da figura 25, é possível observar quais as máquinas mais penalizantes em termos de tempo de paragem durante o período de análise. As máquinas com mais tempo de paragem foram as máquinas 2239, 2534, 7831, 8028 e 2320.

Como é possível verificar nas figuras 22, 24, 25 e 26, duas das máquinas estão inseridas no topo das máquinas mais críticas das três categorias de análise, sendo elas as máquinas 2239 e 2534. Como tal, as máquinas 2239 e 2534 foram as primeiras escolhidas.

A máquina 2641, apesar de não estar no mesmo patamar das restantes, foi também uma das escolhidas, pelo facto de ser uma máquina que pelas características provocou grande impacto nas perdas da linha. Além disso, esta máquina possui características que caso sejam otimizadas poderiam ser replicadas a outras máquinas similares. A escolha da última máquina, 2320, teve em conta o facto de se tratar de uma máquina da mesma família da máquina 2641, sendo que ambas executam o mesmo processo na linha.

As máquinas seleccionadas foram então as máquinas 2239, 2534, 2243, 2641 e 2320. As máquinas 2239 e 2243 são consideradas como sendo do mesmo tipo de família de máquinas, assim como as máquinas 2320 e 2641. Na figura 27, está representada a disposição das máquinas no contexto da linha dos Tambores.

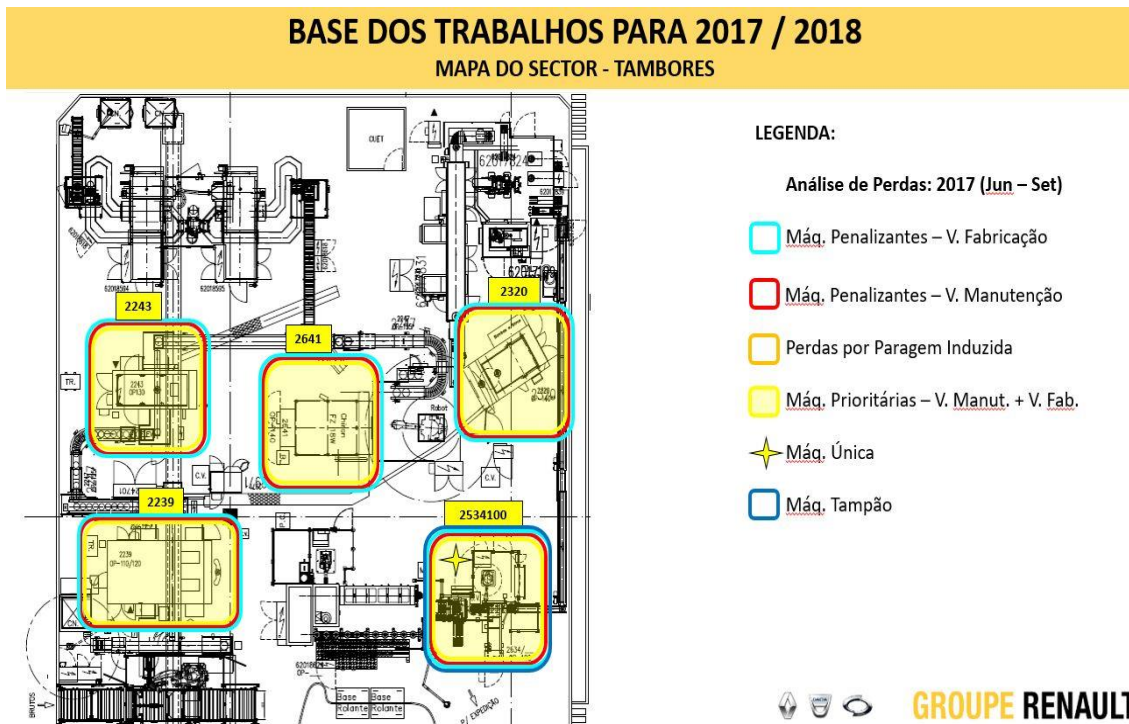


Figura 27 - Máquinas críticas, visão fabricação e manutenção

b. Lista de inspeção programada

A lista de inspeção programada tem como base a análise do histórico de avarias, ou seja, da análise das OT's corretivas das máquinas selecionadas. Foi realizado um trabalho de análise de cada OT corretiva, individualmente, para que sejam categorizadas todas as avarias do período proposto. A análise consiste em indicar os subconjuntos de cada máquina, seguido da verificação dos subconjuntos com maior histórico de avarias. A lista de inspeção programada tem como objetivo a identificação do estado atual de cada uma das máquinas, do seu estado de degradação e de condições anómalas que possam causar degradação acelerada.

Esta atividade possui três etapas:

- 1) Elaboração do documento padrão da ficha de inspeção planeada;

FICHA de INSPECÇÃO (5W+2H)										1 <sup>as</sup> Causas: C1 - Condições de Base Não satisfatórias C2 - Condições de Utilização Não satisfatórias C3 - Degradação Acelerada C4 - Degradação Natural		C5 - Fraqueza de Concepção C6 - Erro de Conduta C7 - Erro de Manutenção		
Nº OT	Descrição da Perda Crónica (O QUÊ?)	Subconjunto (ONDE?)	Duração/ Custo (QUANTO CUSTA?)	Resp. Intervenção (QUEM?)	Pontos a Controlar (COMO?)	Anomalia Constatada/ valores km0	Ações Correctivas imediatas	Causas Possíveis (C1 a C7)	Análises Causas a executar	Data de Início (QUANDO?)	Piloto de Acção/Análi- se	Atraso e porque	Causa RAZÃO do Problema (PORQUÊ?)	Obs.:
1														
2														
3														
4														
5														

Figura 28 - Ficha de Inspeção 5W2H

- 2) Análise do histórico de avarias para cada máquina seleccionada, de forma a identificar conjuntos e subconjuntos críticos;
- 3) Realização das inspeções planeadas.
  1. Após a realização das inspeções foi possível chegar a um conjunto de perdas de elevada relevância, perdas essas que são adicionadas à ficha de inspeção. A ficha de inspeção tem como objetivo a elaboração de um ficheiro que permita a todos os colaboradores entenderem as ações planeadas para um determinado problema penalizante. A análise das avarias deverá permitir saber qual a perda crónica (“O QUÊ?”), de que subconjunto surgiu (“ONDE?”), o custo, neste caso em horas, que teve para a produção (“QUANTO CUSTA?”), o responsável pela intervenção (“QUEM?”), a data prevista para o início da realização (“QUANDO?”) e, por fim, qual a causa raiz do problema (“PORQUÊ?”).
  2. As análises do histórico de avarias às máquinas seleccionadas encontram-se nas figuras seguintes, sendo analisadas cada uma das cinco máquinas, de forma a serem identificados os subconjuntos críticos de cada máquina.

## Máquina 2239

Como foi possível verificar, conforme a figura 29, a máquina 2239 teve um total de 24 avarias durante o período analisado, sendo que essas 24 avarias tiveram origem em 13 subconjuntos diferentes da máquina. Dos 13 subconjuntos com avarias chegamos à conclusão que os subconjuntos mais críticos em termos de número de avarias foram:

- Aperto de peça, com 5 avarias
- Virador de peça, com 3 avarias
- Empurrador de peça, com 3 avarias

Sendo os mesmos responsáveis por cerca de 50% do número de avarias da máquina 2239.

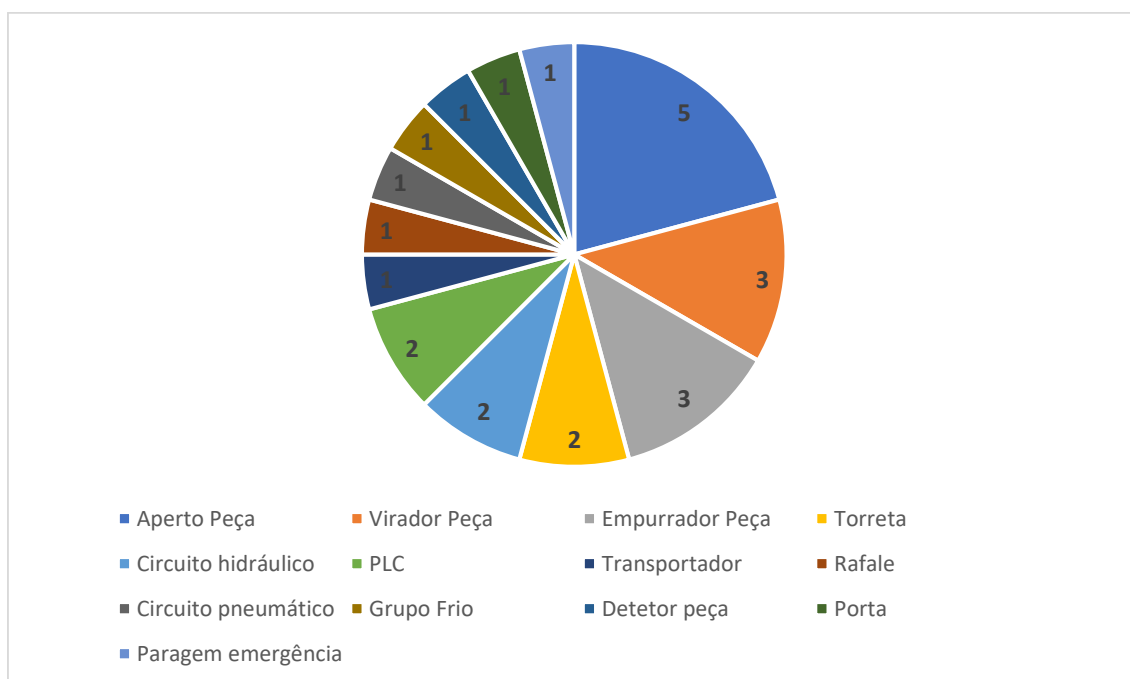


Figura 29 – Número de avarias de cada subconjunto da máquina 2239

De acordo com a figura 30, a máquina 2239 apresentou 72h50 de tempo de paragem durante o período analisado. Dos 13 subconjuntos com avarias chegou-se à conclusão que os subconjuntos mais críticos em termos de tempo de paragem da máquina 2239 foram:

- Aperto de peça, com 24h50 de tempo de paragem
- Circuito hidráulico, 16h00 de tempo de paragem

Os 2 subconjuntos são responsáveis por cerca de 55% do tempo de paragem da máquina 2239 devido a avarias.

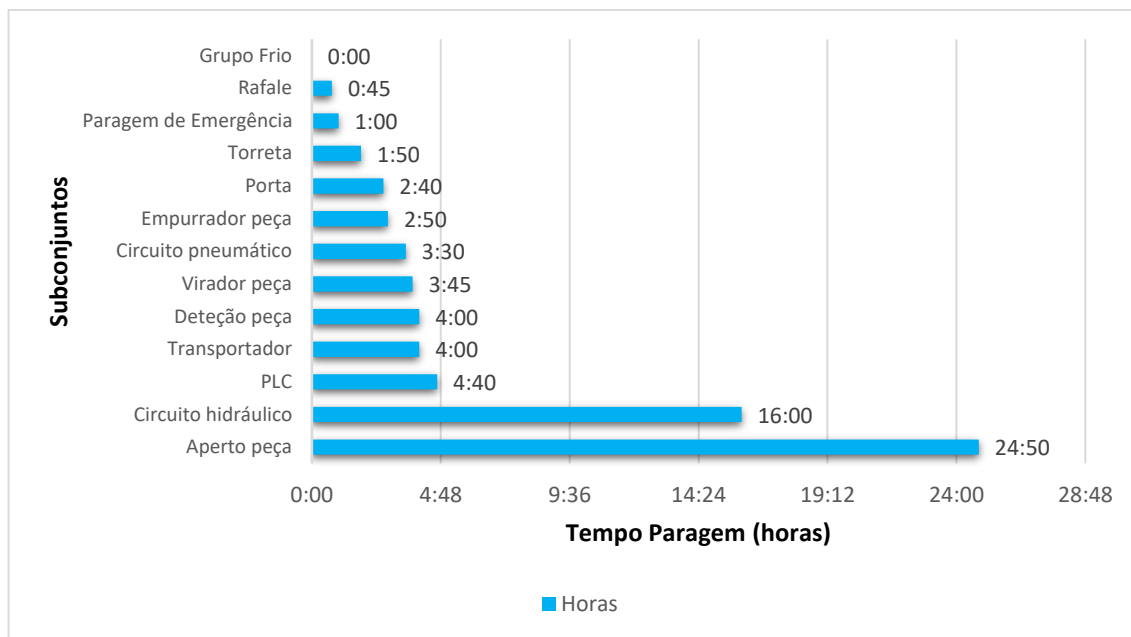


Figura 30 - Tempo de paragem de cada subconjunto da máquina 2239

## Máquina 2243

Como verificado na figura 31, a máquina 2243 apresentou um total de 10 avarias durante o período analisado, tendo estas 10 avarias origem em 4 subconjuntos diferentes da máquina. Dos 4 subconjuntos com avarias podemos identificar que o subconjunto mais crítico em termos de número de avarias é o Empurrador de peça, que é responsável por 40% de todas as avarias da máquina 2243.

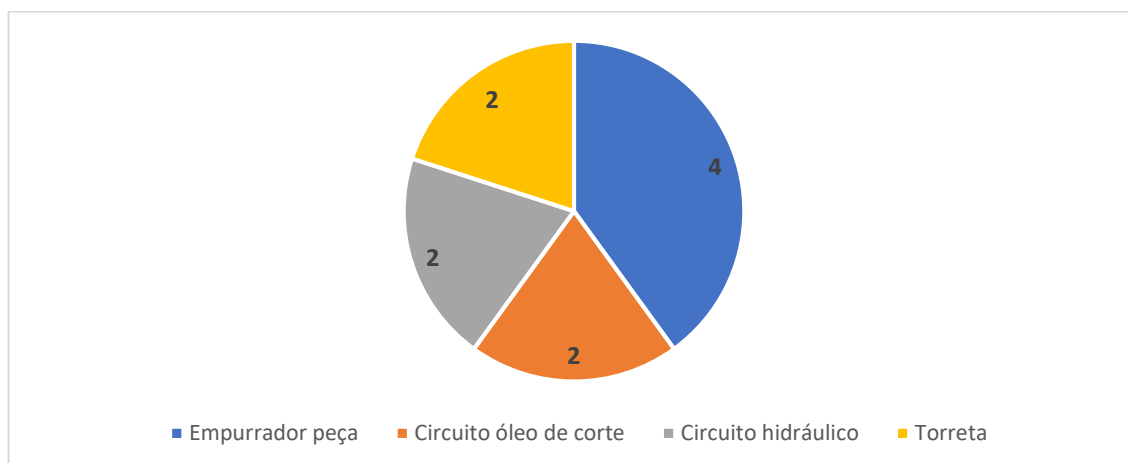


Figura 31 - Número de avarias de cada subconjunto da máquina 2243

De acordo com a figura 32, a máquina apresentou 9h50 de tempo de paragem durante o período analisado. Dos 4 subconjuntos com avarias concluiu-se que os subconjuntos mais críticos em termos de tempo de paragem da máquina 2243 foram:

- Empurrador de peça, com 5h20 de tempo de paragem
- Circuito hidráulico, com 1h35 de tempo de paragem

Os dois subconjuntos são responsáveis por cerca de 60% do tempo de paragem da máquina 2243 devido a avarias.

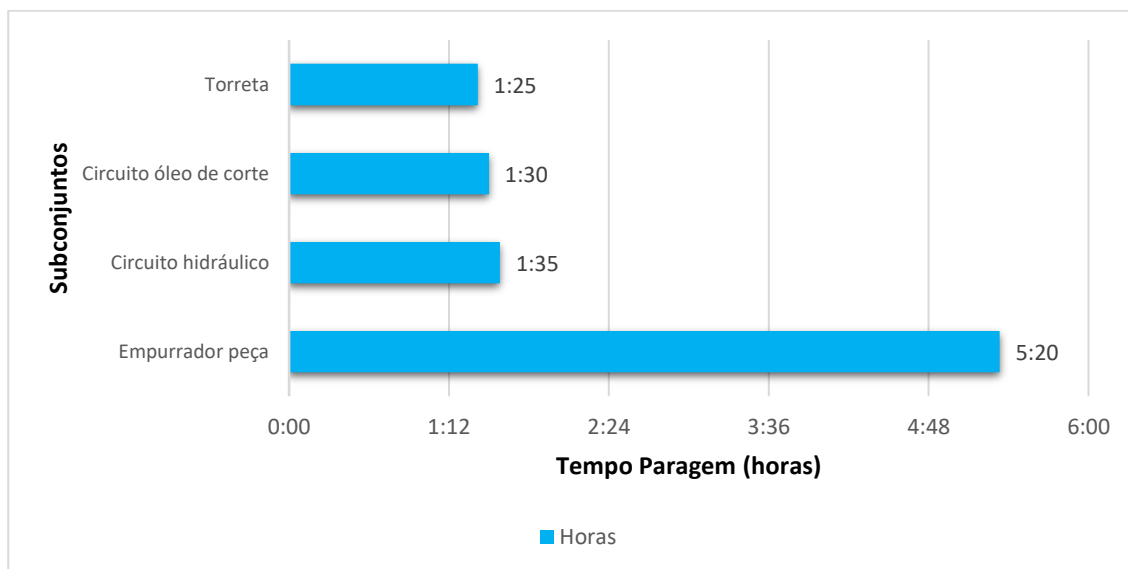


Figura 32 - Tempo de Paragem de cada subconjunto da máquina 2243

## Máquina 2320

Como verificado na figura 33, a máquina 2320 apresentou um total de 14 avarias durante o período analisado, no qual têm origem em 9 subconjuntos diferentes da máquina. Dos 9 subconjuntos com avarias podemos identificar que o subconjunto mais crítico em termos de número de avarias foram:

- Circuito pneumático, com 3 avarias
- Orientador peça, com 2 avarias
- Palete, com 2 avarias
- Indexação, com 2 avarias

Estes quatro subconjuntos são responsáveis por 65% de todas as avarias na máquina 2320.

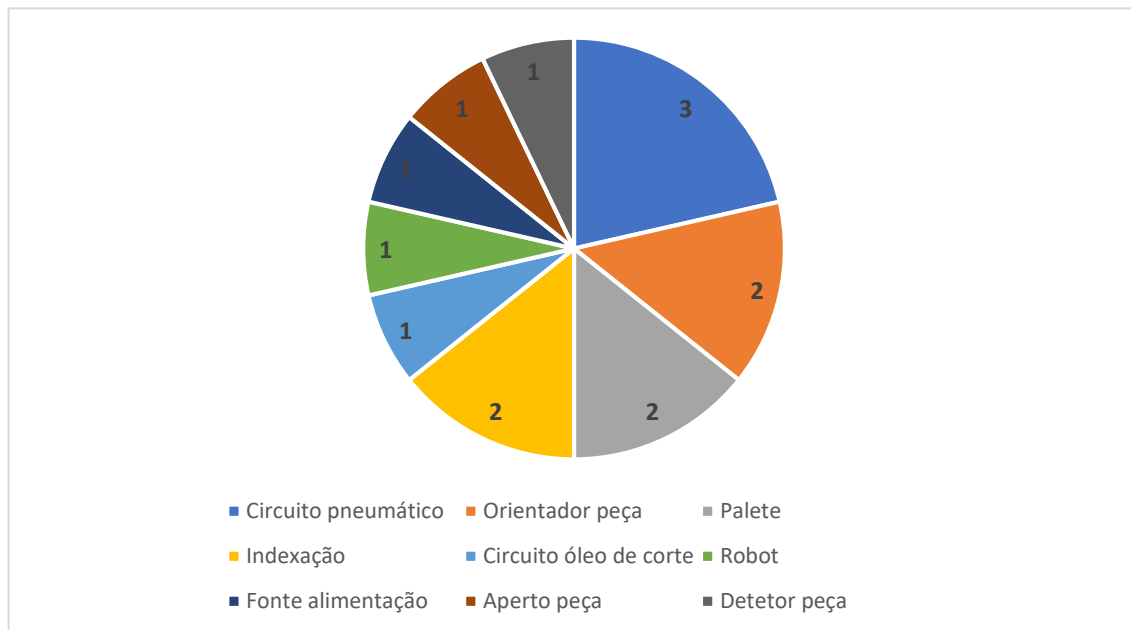


Figura 33 - Número de avarias de cada subconjunto da máquina 2320

De acordo com a figura 34, a máquina apresentou 15h05 de tempo de paragem durante o período analisado. Dos 9 subconjuntos com avarias concluiu-se que os subconjuntos mais críticos em termos de tempo de paragem da máquina 2320 foram:

- Fonte de alimentação, com 3h30 de tempo de paragem
- Robot, com 3h00 de tempo de paragem

Os 2 subconjuntos são responsáveis por cerca de 45% do tempo de paragem da máquina 2320 devido a avarias.

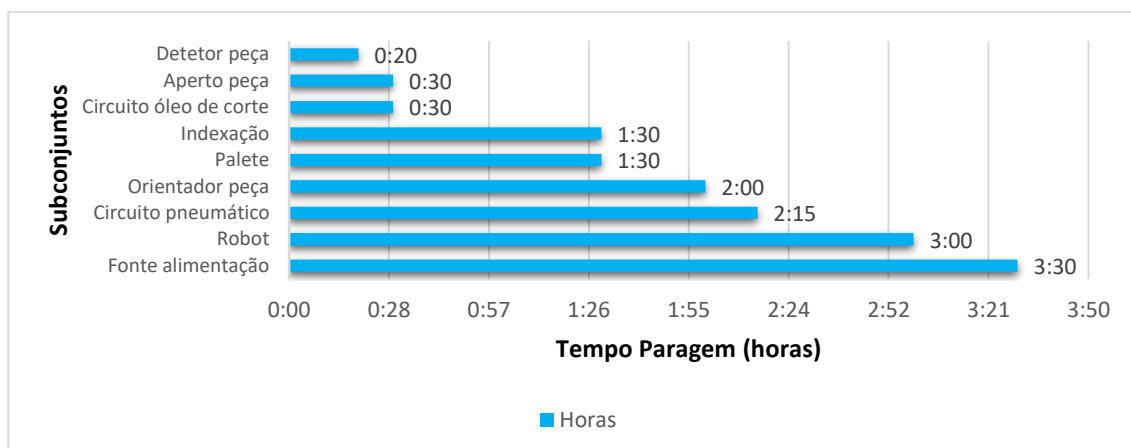


Figura 34 - Tempo de Paragem de cada subconjunto da máquina 2320



## Máquina 2641

Como foi possível verificar na figura 35, a máquina 2641 apresentou um total de 9 avarias durante o período analisado, com origem em 4 subconjuntos diferentes da máquina. Dos 4 subconjuntos com avarias podemos identificar que o subconjunto mais crítico em termos de número de avarias foram:

- Palete, com 4 avarias
- Aperto peça, com 3 avarias

Estes dois subconjuntos são responsáveis por 78% de todas as avarias na máquina 2641.

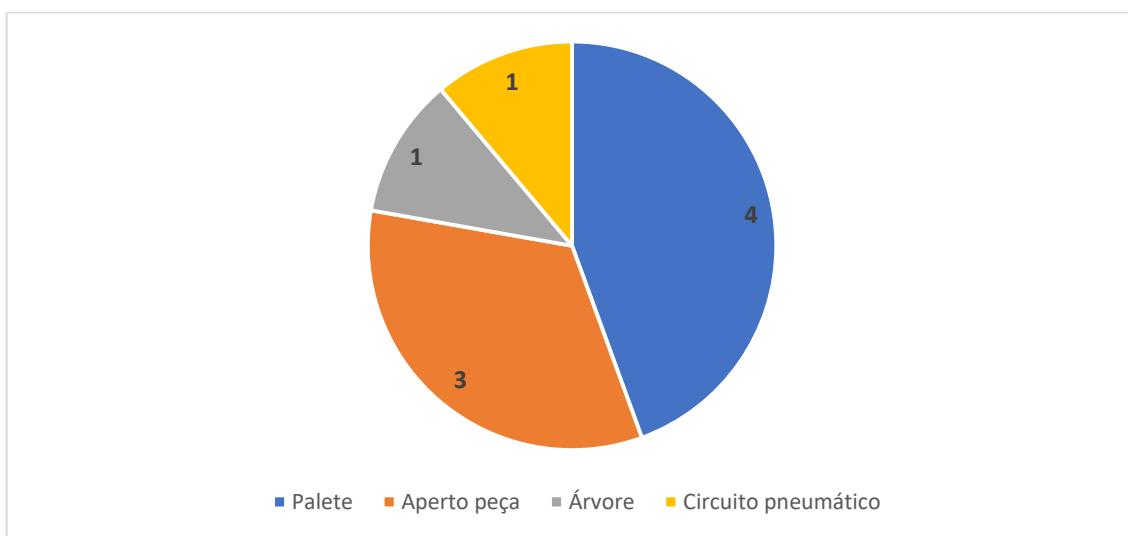


Figura 35 - Número de avarias de cada subconjunto da máquina 2641

De acordo com a figura 36, a máquina apresentou 11h20 de tempo de paragem durante o período analisado. Dos 4 subconjuntos com avarias concluiu-se que os subconjuntos mais críticos em termos de tempo de paragem da máquina 2641 foram:

- Palete, com 7h20 de tempo de paragem
- Aperto de peça, com 3h30 de tempo de paragem

Os 2 subconjuntos são responsáveis por 96% do tempo de paragem da máquina devido a avarias.

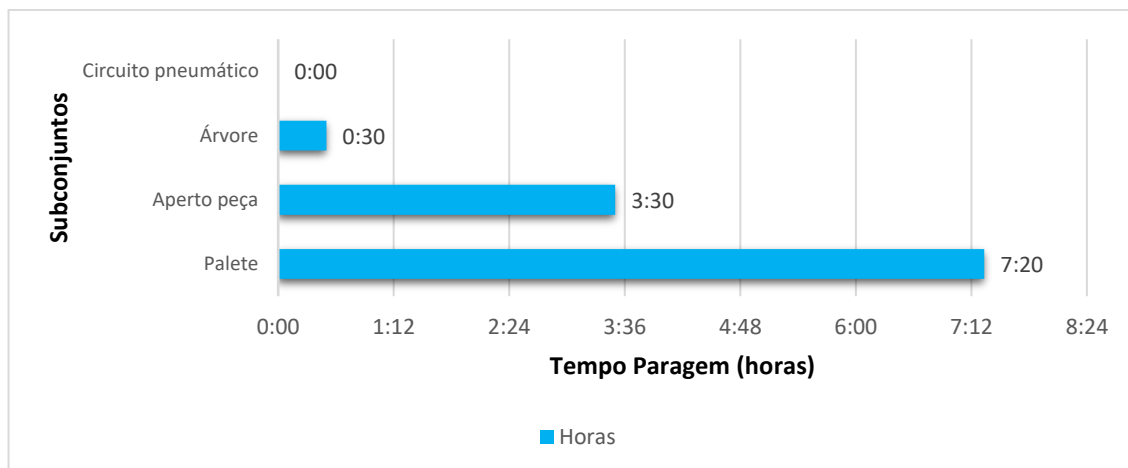


Figura 36 - Tempo de Paragem de cada subconjunto da máquina 2641

## Máquina 2534

Como foi possível verificar na figura 37, a máquina 2534 teve um total de 20 avarias durante o período analisado, com origem em 10 subconjuntos diferentes da máquina. Dos 10 subconjuntos com avarias podemos identificar que os subconjuntos mais críticos em termos de número de avarias foram:

- Gaveta do encoder, com 4 avarias
- Transportador, com 3 avarias
- Virador de peça, com 3 avarias

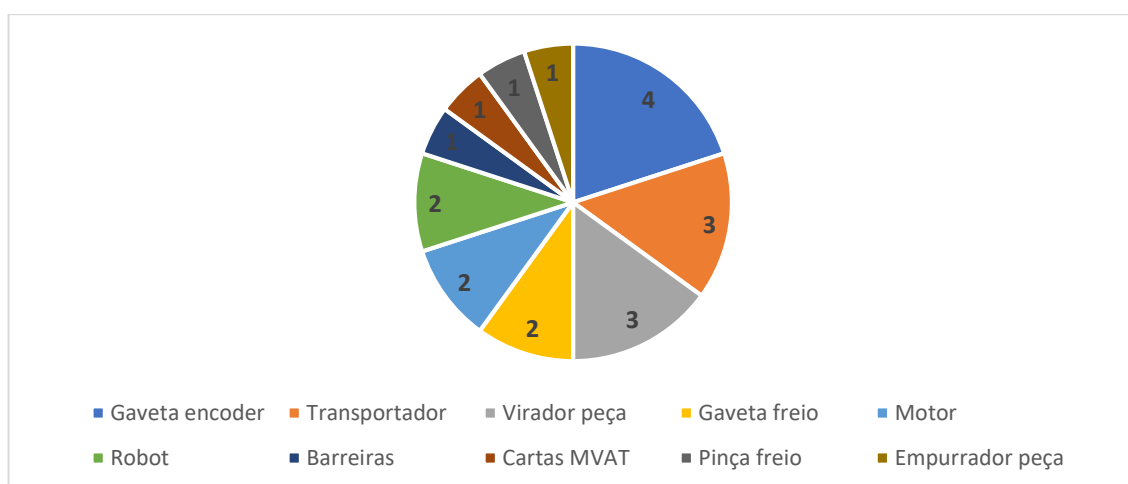


Figura 37 - Número de avarias de cada subconjunto da máquina 2534

Estes três subconjuntos são responsáveis por 50% de todas as avarias na máquina 2534.

De acordo com a figura 38, a máquina apresentou 40h45 de tempo de paragem durante o período analisado. Dos 10 subconjuntos com avarias concluiu-se que os subconjuntos mais críticos em termos de tempo de paragem da máquina 2534 foram:

- Motor, com 13h00 de tempo de paragem
- Cartas MVAT, com 9h00 de tempo de paragem
- Transportador, com 7h10 de tempo de paragem
- Gaveta encoder, com 2h40 de tempo de paragem

Os 2 subconjuntos são responsáveis por 78% do tempo de paragem da máquina devido a avarias.

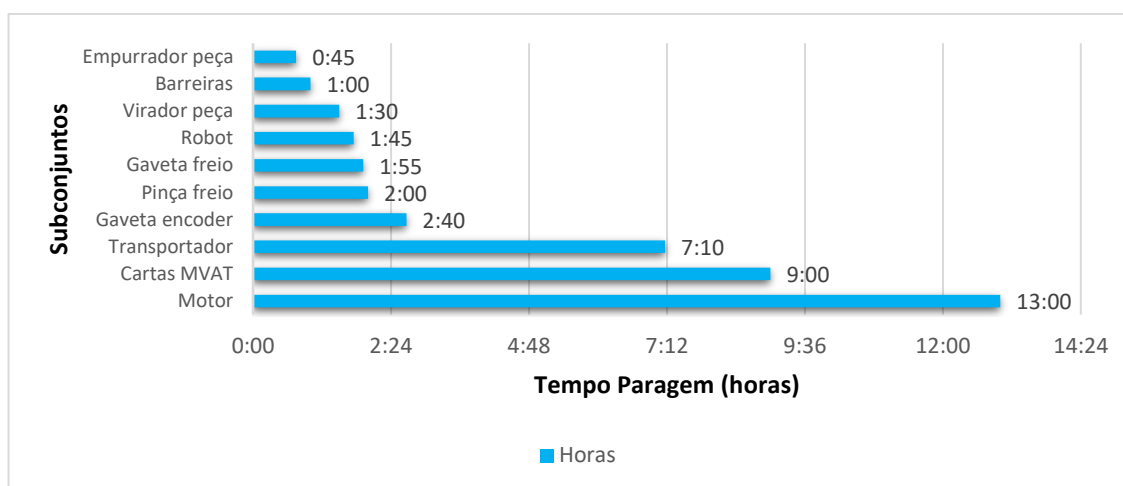


Figura 38 - Tempo de Paragem de cada subconjunto da máquina 2534

c. Definição dos objetivos da linha e dos equipamentos selecionados.

Para a definição dos resultados operacionais objetivados pela chefia, foi necessário a reunião de ambas as partes, produção e manutenção, para que fosse possível chegar a um objetivo exigente, mas, de igual forma, que fosse atingível. Para tal, existiu a necessidade de criar um plano que permitisse atingir os resultados esperados. Assim, de forma a avaliar os ganhos conseguidos através do tratamento das perdas que foram mostradas anteriormente, tanto na figura 21 como na figura 23, o grupo de trabalho decidiu incidir o foco nas perdas relativas a avarias, que influencia igualmente as perdas por paragem induzida e as perdas por falta externa uma vez que por vezes existem perdas por paragens induzidas que são derivadas de avarias de

máquinas e perdas por falta externa que são derivadas de não haver tambores maquinados derivado de alguma avaria numa operação anterior na linha.

Dado que a escolha das máquinas prioritárias foi feita no ponto a., foi então necessário fazer a verificação de que o tratamento dos problemas dos subconjuntos mais críticos das cinco máquinas seria suficiente para que os objetivos propostos fossem atingíveis.

1º Definição do estado de fiabilidade pretendido para os equipamentos escolhidos. ...

2º Cálculo da Disponibilidade Operacional (Do) dos equipamentos escolhidos para o estado de fiabilidade definido anteriormente. Após os estados de fiabilidade pretendidos terem sido definidos foram calculados os valores da Dp correspondentes ao estado de fiabilidade definidos.

$$Do = \frac{TF}{TPA + TF} \quad (8)$$

Sendo TF o tempo de funcionamento e TPA o tempo de paragem por avarias. Para obter os dados necessários para o cálculo da fórmula anterior retirou-se os valores de tempo de funcionamento de cada máquina, bem como o tempo de paragem por avarias de cada máquina no período de análise.

d. Colocação do painel “*Chantier Lean Manutenção*” em funcionamento

O painel “*Chantier Lean Manutenção*” foi colocado em funcionamento com o intuito do grupo de trabalho, bem como terceiros, ter um acesso mais acessível a um seguimento de forma mais sintetizada ao progresso do plano TPM, incidindo com maior foco nas ações aplicadas e nos resultados dessas mesmas ações.

O modelo foi criado tendo por base versões anteriores do mesmo, e foi criado com o objetivo de se tornar um standard ao nível da empresa. O modelo criado está exposto na figura 39.

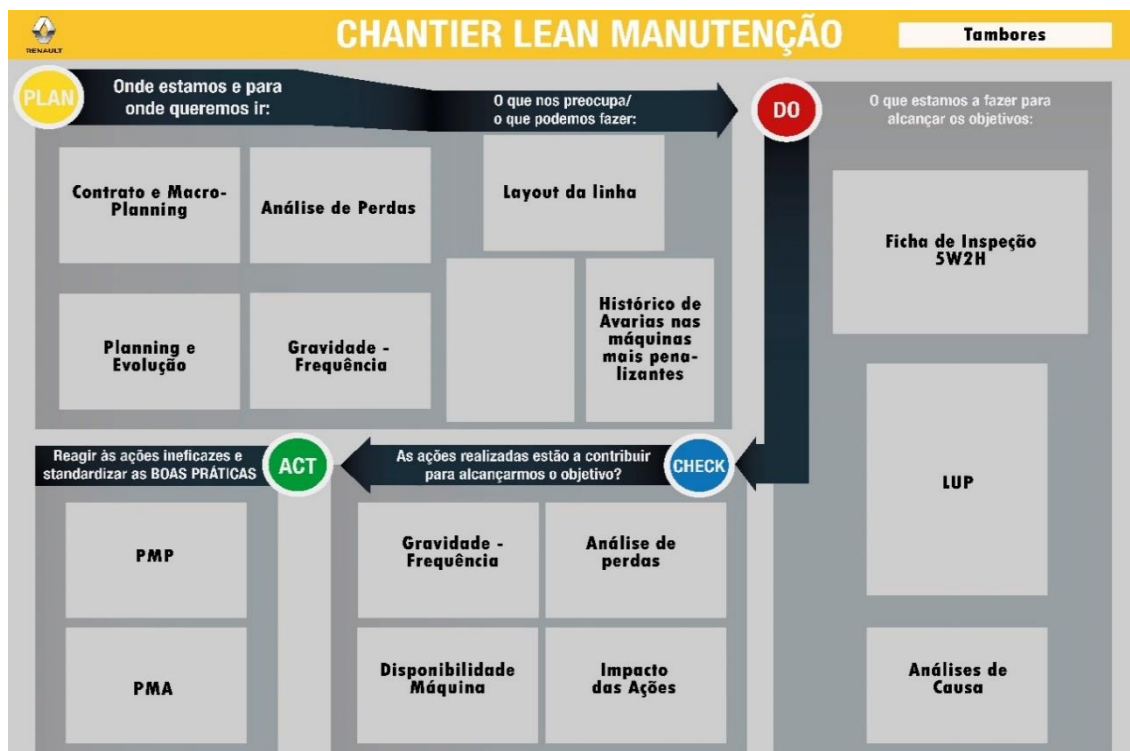


Figura 39 - Painel Chantier de Fiabilidade

No painel é possível fazer o acompanhamento de todo o desenvolvimento do plano TPM. No trabalho de planeamento da situação inicial, *PLAN*, são levantadas as seguintes questões:

- “Onde estamos e para onde queremos ir”, neste ponto exige-se a verificação da situação inicial geral da linha. Os documentos necessários para o ponto são: contrato do grupo do trabalho, planeamento e evolução do plano TPM, a análise de perdas da linha e o gráfico gravidade – frequência inicial das máquinas da linha.
- “O que nos preocupa/o que podemos fazer”, existe uma análise das máquinas da linha de forma a que sejam assinaladas as mais críticas e em que os documentos necessários são: Layout da linha, com as máquinas mais penalizantes assinaladas, um histórico de avarias nas máquinas mais penalizantes e os subconjuntos associados às avarias.

Na implementação das ações estudadas, *DO*, a questão levantada é a seguinte: “O que estamos a fazer para alcançar os objetivos” e o objetivo desta etapa é analisar as causas dos problemas das máquinas e, posteriormente, implementar ações para a resolução dos problemas. Os documentos necessários para este ponto são: a ficha de inspeção 5W2H, a LUP e as análises de causas.

Na evolução da situação da linha e na verificação das ações realizadas, *CHECK*, a questão é: “As ações realizadas estão a contribuir para alcançarmos o objetivo”. De acordo com a questão, é a etapa de análise das ações implementadas, verificar se as ações implementadas deram resultado e se os problemas recorrentes foram resolvidos. Os documentos necessários nesta etapa são os seguintes: gráfico gravidade – frequência atual das máquinas da linha, a análise de perdas atual da linha, o impacto das ações implementadas e o gráfico disponibilidade máquina.

Por fim, na fase de agir de acordo com os resultados alcançados, *ACT*, surge a seguinte afirmação: “Reagir às ações ineficazes e *standardizar* as BOAS PRÁTICAS”. Tal como a afirmação sugere, esta é a fase de agir perante os resultados positivos/negativos atingidos das ações implementadas, implementando novas ações no caso de os resultados anteriores terem sido negativos e criar standards nas ações cujos resultados tenham sido positivos e satisfatórios. Os documentos necessários para o ponto *ACT* são: PMA’s atualizados e PMP’s atualizados, de forma a que as melhores práticas se tornem standards nas máquinas da linha. O painel criado guia-se pelas etapas do ciclo PDCA, etapas anteriormente explicadas.



Figura 40 - Painel Chantier de Fiabilidade na linha dos Tambores



disso, o trabalho do Fiabilista nem sempre é facilitado, uma vez que muitas vezes o prazo de entrega assegurado pelo serviço de compras é ultrapassado, logo o material não se encontra na fábrica no prazo estipulado para a intervenção;

- Inexistência de condições para os técnicos intervirem nas máquinas

Principais fatores das tarefas de PMA não serem realizadas:

- PMA's desatualizados, nos quais as áreas mais críticas das máquinas muitas vezes nem são tidas em conta;
- Inexistência de condições para a realização das tarefas de PMA, por não haver o material necessário para a execução das tarefas ou por os acessos serem inapropriados;
- Falta de mão-de-obra para a execução das tarefas, devido ao elevado número de máquinas existente para a escassez de operadores.

c) Desenvolvimento de atividades de deteção e correção de anomalias (DCA).

Foram realizadas atividades de deteção de anomalias, juntamente com outros elementos da equipa da manutenção bem como com a equipa da produção da linha.

## **Máquina 2239**

As principais anomalias identificadas foram:

- 1) Acumulação de limalha na zona da torreta da operação 110 e 120 (figura 42.a);
- 2) Fragilidade do detetor de entrada de peça na operação 110 (figura 42.b);
- 3) Acumulação de limalha à saída do empurrador de saída de peça (figura 42.c);
- 4) Acumulação de limalha na zona de pick-up da operação 120 (figura 42.d);
- 5) Acumulação de limalha na zona de movimento do eixo Y (figura 42.e);
- 6) Sistema de lavagem no interior das operações 110 e 120 desativado;
- 7) Sujidade no ar condicionado do painel elétrico;
- 8) Acumulação de limalha na zona de abertura de porta da operação 110 (figura 42.f).





a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figura 42 - a) Acumulação de limalha na zona da torreta da OP110/120; b) Fragilidade do detetor de entrada de peça na OP110; c) Acumulação de limalha à saída do empurrador de saída de peça; d) Acumulação de limalha na zona de pick-up da operação 120; e) Acumulação de limalha na zona de movimento do eixo Y; f) Acumulação de limalha na zona de abertura de porta da operação 110

## Máquina 2243

As principais anomalias identificadas foram:

- 1) Sujidade no ar condicionado do painel elétrico (figura 43.a);
- 2) Incapacidade de visualizar interior da máquina durante a maquinação da peça (figura 43.b);
- 3) Acumulação de limalha na zona de abertura de porta (figura 43.c);
- 4) Excesso de vibração no motor do eixo Z (figura 43.d);
- 5) Empeno da porta da operação devido à acumulação de resíduos na guia da porta (figura 43.d).



a)



b)



c)



d)





e)

Figura 43 - a) Sujidade no ar condicionado do painel elétrico; b) Incapacidade de visualizar interior da máquina durante a maquinação da peça; c) Acumulação de limalha na zona de abertura de porta; d) Mau estado do motor do eixo Z; e) Empeno da porta da operação devido à acumulação de resíduos na guia da porta.

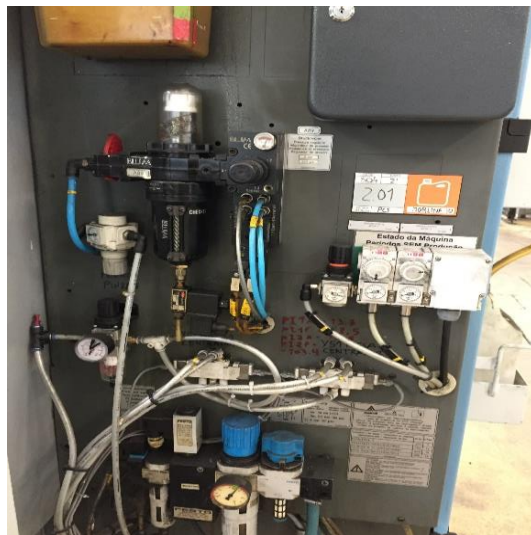
## Máquina 2641

As principais anomalias identificadas foram:

- 1) Indexação incorreta da paleta nº2 (figura 44.a);
- 2) Identificação incorreta do sistema do grupo hidráulico (figura 44.b).



a)



b)

Figura 44 - a) Indexação incorreta da paleta nº2; b) Identificação incorreta do sistema do grupo hidráulico.

## Máquina 2320

As principais anomalias identificadas foram:

- 1) Fuga de óleo de corte da máquina (figura 45.a);
- 2) Inexistência de filtro de malha do ar condicionado do painel elétrico (figura 45.b);
- 3) Nível de pressão do grupo hidráulico incorreto (figura 45.c).



a)



b)



c)

Figura 45 - a) Fuga de óleo de corte na máquina; b) Inexistência de filtro de malha do ar condicionado do painel elétrico; c) Nível de pressão do grupo hidráulico incorreto.

## Ilha Máquinas 2641/2320:

As principais anomalias identificadas na ilha do robot das máquinas CHIRON 2320 e 2641 foram:

- 1) Fragilidade de suporte do detetor de peça das máquinas CHIRON (figura 46);



*Figura 46 - Fragilidade do suporte do detetor de peça das máquinas CHIRON*

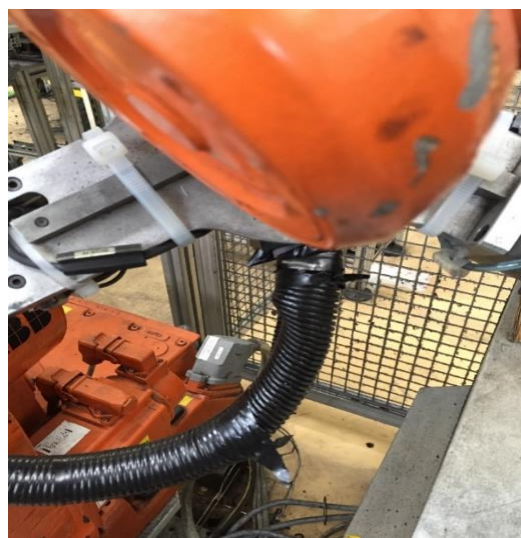
## Máquina 2534

As principais anomalias identificadas foram:

- 1) Mau acondicionamento dos cabos do robot da prensa (figuras 47.a e 47.b);
- 2) Má fixação dos freios no apresentador (figura 47.c);
- 3) Pobre fixação do virador de peça da prensa (figura 47.d);



a)

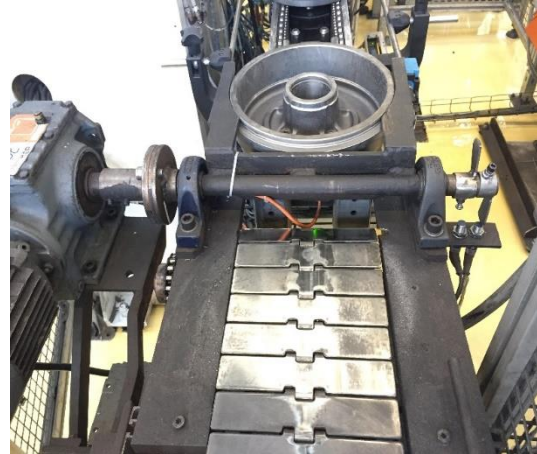


b)





c)



d)

Figura 47 - a) Mau acondicionamento dos cabos; b) Má condição do tubo de proteção dos cabos; c) Má fixação dos freios no apresentador; d) Pobre fixação do virador de peça da prensa.

## UET

As principais anomalias identificadas no espaço da UET foram:

- 1) Acumulação de limalha nas áreas de movimento da UET (figuras 48.a, 48.b e 48.f);
- 2) Acumulação de óleos de corte nas áreas próximas às operações de maquinação (figura 48.c);
- 3) Material de suporte/substituição fora dos locais apropriados (figura 48.e);
- 4) Detioração de zonas da UET (figura 48.d);
- 5) Ausência de fecho de segurança em ilhas de máquinas;



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figura 48 - a) Acumulação de limalha em área de movimento; b) Acumulação de limalha em área de movimento; c) Acumulação de óleos de corte nas áreas próximas às operações de maquinação; d) Detioração de zona da UET; e) Material de suporte/substituição fora do local apropriado; f) Acumulação de limalha em áreas desprotegidas.

#### c) Correção de anomalias e degradações aceleradas.

Esta tarefa teve como objetivo complementar a tarefa anterior, na qual foram desenvolvidas atividades de DCA, na tentativa de retornar os equipamentos ao seu estado original de máquina. Embora em alguns casos tenham sido resolvidos com sucesso e a máquina voltou ao estado de referência, noutros as anomalias detetadas anteriormente voltaram a manifestar-se, pelo que foi necessária uma análise mais específica, para que fosse possível apurar a causa raiz do problema.

d) Escolha das análises de causas prioritárias

Uma vez que a anomalia mais recorrente e com maior impacto de todas as máquinas foi a anomalia relacionada com o aperto de peça da máquina 2239 foi nessa que a análise de causas prioritárias se focou, sendo que a análise de causas utilizada para os casos foi a análise dos “5 Porquês”. Foram feitas 2 análises deste tipo, sendo uma para a máquina 2239 e outra para a máquina 2534.

## Análises dos 5 Porquês

Problema 1: Na máquina EMAG 2239 (OP110) foi verificado que existe falha no sistema de aperto de peça quando vai buscar o Tambor. Depois da reunião com o grupo de trabalho foi possível chegar-se às principais causas do problema em mãos:

- Peça não pára na posição correta;
- Garras não absorvem o mau posicionamento da peça;
- Presença de limalha nos mordentes.

Na figura 49 é possível ver a análise feita para o problema 1 com a aplicação da análise dos 5 Porquês.

Facto a tratar			ANÁLISE PORQUÊ		Participantes:	Validação da Análise e das Ações
Local: Máquina EMAG 2239 (OP110/120)			Temas: - Manutenção - Fiabilidade - Performance		GIL Luís Vaz Nelson R.Clérigo	Nome, Função:
Descrição e informação relativas à sua deteção: Aperto de Peça na máquina EMAG 2239 (falha quando vai buscar o tambor)			Piloto : Luís Vaz Data da Análise: 03-01-2018		Duração:	Nota robustez :
Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4	Porque 5	Ações de Erradicação	Piloto/Prazo
PEÇA NÃO PÁRA NA POSIÇÃO CORRETA	PRESEÇA DE ÓLEO NO EIXO Q	FUGA NO CABEÇAL	DESGASTE		SUBSTITUIÇÃO DE CABEÇAL + JUNTA HIDROSTÁTICA NA OP120	GIL/31-12
	CORRENTE LAÇA	DESGASTE POR COMPRIMENTO DA PEÇA			TROCA DO SISTEMA DE DETEÇÃO DA MESA DO PICK-UP DA OP110 E OP120	L.VAZ P.SIMÕES/31-01
	VELOCIDADE DO EIXO Q NO POSICIONAMENTO NÃO ESTAVA DEFINIDO				CORREÇÃO VELOCIDADES	R.CLÉRIGO/21-12
					BACKUP CONFIRMAR SE EXISTEM ALTERAÇÕES DE BACKUP QUANDO SE DESLIGA O GERAL	R.CLÉRIGO/30-12 R.CLÉRIGO/31-12
	VARIAÇÃO DO DIÁMETRO DO BRUTO					
GARRAS NÃO ABSORVEM MAU POSICIONAMENTO DA PEÇA	FALHA DE CONCEPÇÃO				CDC LANÇADO PARA NOVOS MORDENTES	R.CLÉRIGO S0918
PRESEÇA DE LIMALHA NOS MORDENTES	LIMALHA MOLHADA	FERRAMENTAS MOLHADAS	PROJEÇÃO DE ÓLEO DE CORTE PARA LIMALHA DA VALA	NECESSIDADE DE ALTO DÉBITO	LAVAGEM BUCHA DE 10 EM 10 PEÇAS	R.CLÉRIGO/30-12
					REVISÃO DO CIRCUITO DE LAVAGEM	GIL NELSON 15-01

Figura 49 - Análise 5 Porquês Aperto peça máquina 2239



Da análise do problema 1 saíram as seguintes ações de erradicação:

- Substituição de cabeçal e da junta hidrostática da operação 120, sendo que o piloto responsável tinha um prazo de ação até dia 31 de dezembro de 2017;
- Troca do sistema de detecção da mesa do pick-up das operações 110 e 120, sendo que os pilotos responsáveis tinham um prazo de ação até dia 31 de janeiro de 2018;
- Correção da velocidade no posicionamento do eixo Q, de forma a que o eixo Q pegue na peça sempre na mesma posição, sendo que o piloto responsável tinha um prazo de ação até ao dia 21 de dezembro de 2017;
- Criação de *back-up* do programa da peça, sendo que o piloto responsável tinha um prazo de ação até ao dia 30 de dezembro de 2017;
- Confirmar se quando há um corte de energia existe alguma alteração no *back-up* do programa peça, sendo que o piloto responsável tinha um prazo de ação até ao dia 31 de dezembro de 2017;
- Lançamento de ato de compra para novos mordentes, sendo que o piloto responsável tinha um prazo de ação até ao fim da semana 9 do ano de 2018;
- Viabilização de processo de lavagem da bucha de 10 em 10 peças, sendo que o piloto responsável tinha um prazo de ação até ao dia 30 de dezembro de 2017;
- Revisão do circuito de lavagem da máquina, sendo que os pilotos responsáveis tinham um prazo de ação até ao dia 15 de janeiro de 2018.

Problema 2: Existência de várias micro-paragens na máquina 2534 devido a defeitos dos apresentadores dos POE's da prensa (OP170), em que o robot entrava em defeito e não completava o ciclo que era suposto, ficando parado na mesma posição e sendo necessária a intervenção do operador nos comandos do robot para que se fizesse *reset* ao robot e pudesse ser retomado o bom funcionamento do mesmo.

Na figura 50 é possível ver a análise feita para o problema 1 com a aplicação da análise dos 5 Porquês.

<b>Fato a tratar:</b> Data: 14/02/2018 Local: TAMBORES - OP170 Número de casos: Várias Micro-Paragens Descrição e informações relativas a sua detecção: OP170 com várias paragens devido a Defeito de Apresentadores			<b>ANÁLISE PORQUÊ</b> Temas: Eletrônica/Automação Piloto : N. Magalhães / M. Reis Data da Análise: 19-02-2018		Participantes: N. Magalhães, M. Reis; Duração:	<b>Validação da Análise e das Ações</b> Nome, Função: Nota robustez :
<b>Porque 1</b>	<b>Porque 2</b>	<b>Porque 3</b>	<b>Porque 4</b>	<b>Porque 5</b>	<b>Ações de Erradicação</b>	<b>Piloto/Prazo</b>
OP170 - Defeito Apresentadores	Não termina o Ciclo da Recolha dos Componentes dos Apresentadores	Má Detecção do Componente no Apresentador	Falta de Limpeza dos Detetores	PMP Fornecedor não implementado na ilha	Implementar PMP do Fornecedor da ilha para evitar Problemas com Sujidade nos Detetores	Piloto: Marco Reis Prazo: 20-02-2018
			Má Afiinação dos Detetores	Degradação Material	Verificação no MPM da Detecção dos Componentes nos Apresentadores	Piloto: Marco Reis Prazo: 20-02-2018
		Má Detecção do Componente na Pinça do Robot	Má Afiinação dos Detetores da Pinça	Degradação/Sujidade Material	Verificação no MPM da Detecção dos Componentes na Pinça	Piloto: Marco Reis Prazo: 20-02-2018
			Cabos Danificados na Esteira do Robot	Degradação devido aos Movimentos do Robot	Compra e Implementação de Nova Esteira com Cabos utilizados em Robótica	Piloto: Luis Vaz Prazo: Paragem de Agosto
		Má Gestão de Pedidos do PLC ao Robot	Condições de Desativação do Pedido de Componentes ao Robot não são atingidas		Verificação das Condições do Pedido de Componentes ao Robot e respetiva desativação	Piloto: Nelson Magalhães Prazo: 20-02-2018
						Piloto: Prazo:

Figura 50 - Análise 5 Porquês Defeito apresentador máquina 2534

Da análise do problema 2 saíram as seguintes ações de erradicação:

- Implementação de PMP do fornecedor da ilha da máquina para que sejam evitados problemas com sujidade nos detetores, sendo que o piloto responsável tinha um prazo de ação até ao dia 20 de fevereiro de 2018;
- Verificação da deteção dos componentes nos apresentadores numa paragem para MPM, sendo que o piloto responsável tinha um prazo de ação até ao dia 20 de fevereiro de 2018;
- Verificação da deteção dos componentes na pinça de aperto dos componentes numa paragem para MPM, sendo que o piloto responsável tinha um prazo de ação até ao dia 20 de fevereiro de 2018;
- Compra e Implementação de nova esteira com cabos utilizados em robótica, sendo que o piloto responsável tinha um prazo de ação até ao período de paragem em agosto de 2018;
- Verificação das condições do pedido de componentes ao robot e respetiva desativação, sendo que o piloto responsável tinha um prazo de ação até ao dia 20 de fevereiro de 2018.

e) Identificação do piloto, ações e prazos

As ações identificadas anteriormente foram atribuídas, a um ou mais pilotos, sendo que também foi dado um prazo limite de execução da ação, de forma a que o acompanhamento das mesmas fosse feito de forma mais controlada. A figura 51 mostra parte de um exemplo do plano de ações executado, sendo que contém também o piloto da ação, o seu prazo de execução e o estado da ação, de forma a ser monitorizado de forma mais simples e rápida. Relativamente ao estado das ações em questão, de 0 a 25% trata-se da fase de planeamento da ação, de 25 a 50% trata-se da fase de execução da ação, de 50 a 75% trata-se da fase de verificação de resultados da ação e de 75 a 100% trata-se da fase de reação à ação ou de *standardizar* a ação.

Plano de Ações 3443 - Tambores						
Nº	AÇÃO A APLICAR	MAQ.	OP	PRAZO	PILOTO	ESTADO
1	Analisar fuga Grupo de Frio e aplicar manómetros (Fridelta)	2239	110/120	S1720	R. Torrão	100%
2	Eixo Q: Retirar elo e esticar corrente	2239	110/120	S1720	R. Torrão	100%
3	Beneficiar orientador	2320	160	S1721	P. Simões	100%
4	Aplicar manómetros alta / baixa grupo frio	2239	110/120	S1722	R. Torrão	100%
5	Preparar conexões rápidas elétricas p/ substituição de braço de ferramentas	2320	160	S1806	P. Simões	50%
6	Substituição eixo X	2239	110/120	S1726	R. Torrão	100%
7	Substituição válvula coaxial limpeza torreta	2243	130	S1727	R. Torrão	100%
8	Aplicação montronix (nova geração)	2239	110/120	S1809	A. Tavares	100%
9	Substituição polia + correia transmissão + afinação	2534		S1727	Gil	100%
10	Realização expertise mecânica	2320	160	S1727	Eurotech	100%
11	Desentupir cortina de aspiração	2243	130	S1737	R. Torrão	100%
12	Verificação pressões acumuladores (hidráulico + hidrostático)	2239	110/120	S1737	Heliodoro	100%
13	Verificação pressões acumuladores (hidráulico + hidrostático)	2243	130	S1737	Heliodoro	100%
14	Verificação novo sistema aperto de peça	2320	160	S1748	R. Torrão	100%

Figura 51 - Exemplo de plano de ação

#### 4.3.4. Etapa 3: Ações de tratamento de falhas

a) Colocação em prática das ações corretivas planeadas.

Todas as ações incluídas no plano de ações foram realizadas ou em processo de implementação, de forma a corrigir todas as causas identificadas na etapa anterior, quer através das análises ou observação direta.

b) Confirmação da pertinência das ações aplicadas no ponto a).

Todas as ações aplicação foram consideradas pertinentes.

c) Definição ou colocação em prática das condições de utilização.

À medida que foram tratados os problemas identificados, foi verificada a necessidade de criação de documentos de procedimento para que sejam dadas instruções para os colaboradores das diferentes áreas para as diferentes situações, de forma a que saibam como agir no caso de alguma das situações surja. Os documentos criados foram a lição pontual e a folha de operação *standard* sendo que foram criadas as seguintes lições pontuais:

- Lição pontual para lavagem dos mordentes da operação 110 da máquina 2239;
- Lição pontual para separação de brutos não-conformes;
- Lição pontual para separação de panos contaminados;
- Lição pontual para controlo frequencial de peças após operação 130 da máquina 2243;
- Lição pontual para procedimento após defeito de pressão de aperto da operação 110 da máquina 2239;
- Lição pontual para verificação periódica de aperto de peça e mordentes, bem como o encosto da peça nos mordentes;
- Lição pontual para desativação de sistema “montronix” da operação 110 da máquina 2239.

d) Definição ou colocação em prática dos procedimentos standards de condução de equipamentos.

- Lição pontual para procedimento de posicionar eixo Z corretamente antes de desligar máquina 2243 em caso de necessidade.

e) Definição ou colocação em prática dos procedimentos standards de manutenção.

- Folha de operação *standard* para procedimento de substituição de fuso do eixo Z das máquinas do tipo EMAG (máquina 2239 e 2243).
- Folha de operação *standard* para procedimento de substituição mordentes de aperto de peça das máquinas do tipo EMAG (máquina 2239 e 2243).

f) Medição dos efeitos e confirmação dos objetivos

Para que fosse possível fazer a medição dos efeitos foi necessário efetuar uma comparação entre o período inicial e o período atual. Dado que praticamente todas as ações foram implementadas até ao fim do mês de março foi proposto que a comparação fosse efetuada entre o período inicial e o mês decorrido de abril. A figura 52 mostra a comparação entre a média dos meses de período de análise (junho a setembro de 2017) e o mês de abril de 2018, mês no qual já foi possível observar o funcionamento da linha com todas as ações propostas implementadas. Como é possível verificar no gráfico da figura 52, o NRO do ponto de foco, avaria máquina, decresceu de forma algo acentuada o que é um fator positivo. A descida foi de 3,5%, um resultado bastante positivo e que vai de encontro ao objetivo do plano. Apesar do Chantier de Fiabilidade se focar principalmente nas perdas por avaria máquina também foi possível observar que algumas das médias das restantes perdas diminuíram. Neste caso, as perdas por falta externa, paragem induzida, mudança de ferramenta e mudança de rafale diminuíram, em 1,4%, 0,8%, 2,5% e 0,6%, respetivamente. O caso das perdas por paragem de qualidade é inverso, sendo que houve um aumento de 2,1%, mas sendo este aumento justificado pela preocupação de qualidade devido às inconformidades apresentadas nos brutos abastecidos na linha. Os resultados demonstram que o plano TPM deu resultados, e que o grupo de trabalho esteve focado nas ações implementadas, ações essas que tiveram um efeito positivo na linha, tanto a nível de resultados operacionais como a nível geral na linha.

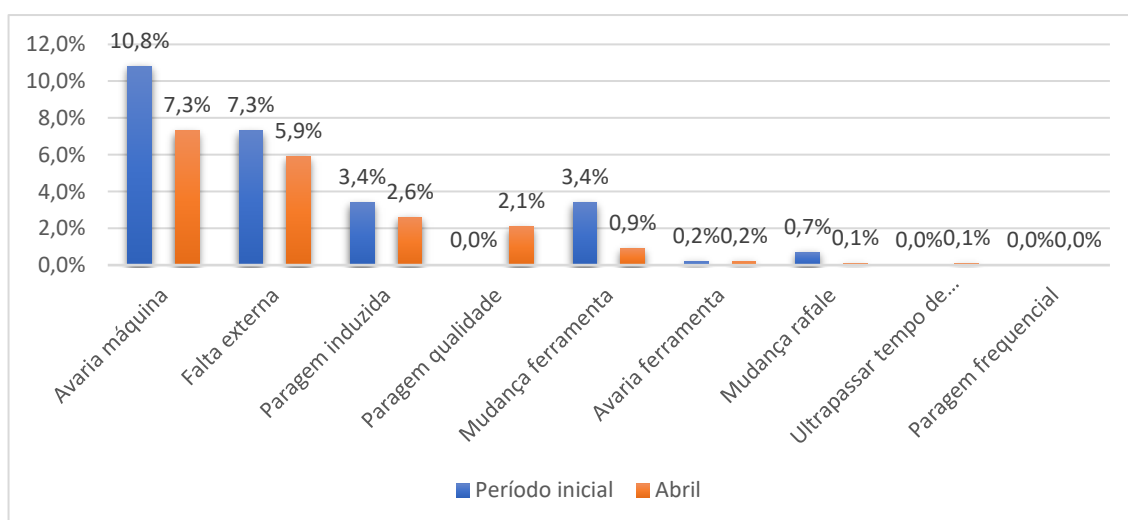


Figura 52 - Comparação do NRO entre período inicial e abril

Na figura 53 é possível observar a evolução do RO na linha, desde o período de análise (junho a setembro de 2017) até ao atual mês de maio. É possível verificar que desde o período de análise até ao mês de março de 2018 houve uma ligeira oscilação ao longo dos meses, mas sem que o objetivo, aumento do RO, fosse alcançado, uma vez que embora algumas das ações fossem implementadas, novos problemas iam surgindo ao longo do projeto, que impossibilitaram o desenvolvimento saudável do mesmo. Após a intervenção profunda na linha a partir do mês de março, esse problema deixou de existir, e os resultados começaram a ser observáveis. Como é possível verificar, o RO da linha a partir do mês de abril subiu drasticamente, numa subida de 15% face ao mês anterior. Da mesma forma, é possível verificar que os resultados do mês de maio estão a seguir a tendência do mês anterior, com um máximo de RO da linha durante a duração do projeto de 84,2%.

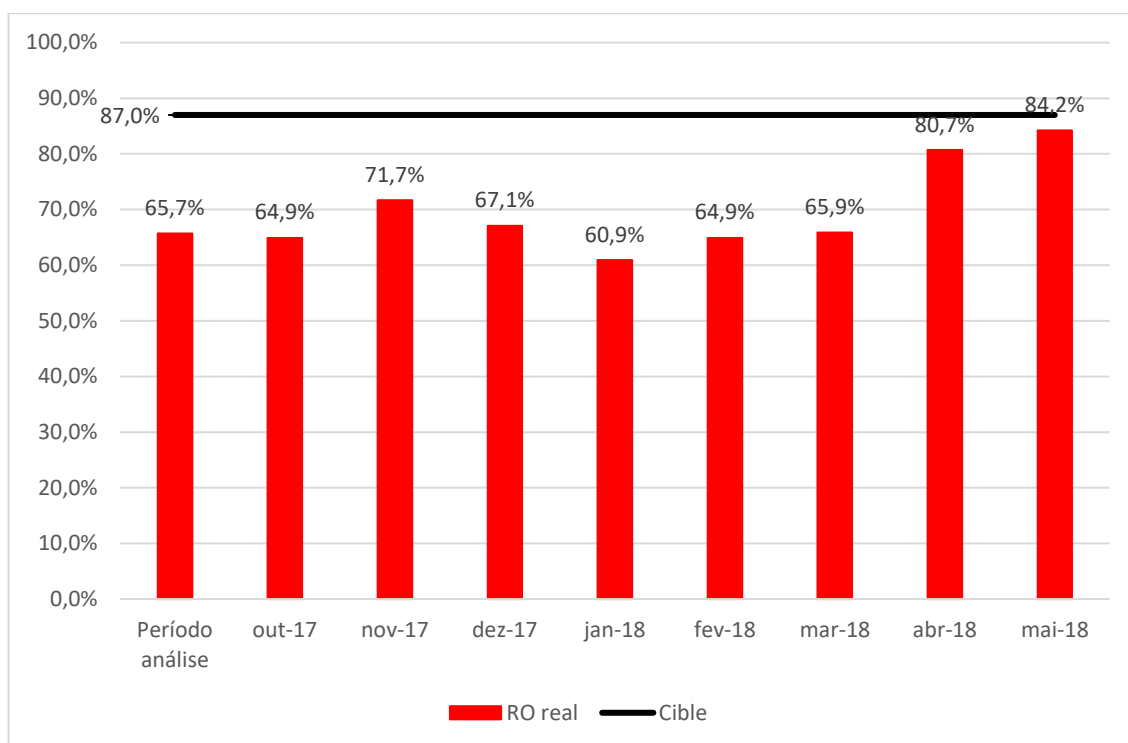


Figura 53 - Evolução do RO ao longo dos meses

A figura 54 mostra a evolução do NRO por avaria de máquina, sendo este o foco do projeto, a redução de perdas por avaria de máquina. Como é possível verificar, o NRO por avaria de máquina tinha uma tendência de crescimento derivado ao mau estado da linha em geral, bem como o mau estado de cada uma das máquinas escolhidas. Uma vez que a maioria das ações apenas começaram a ser implementadas a partir do ano de 2018, é natural que exista uma deterioração dos meios e que os índices piorem. A partir do momento em que as ações começaram a ser implementadas

é possível observar a decréscimo do NRO ao longo dos meses, de uma forma constante e progressiva. A minimização do NRO pode não ter sido alcançada da forma esperada uma vez que, apesar da priorização das cinco máquinas propostos no plano, as condições das restantes máquinas podem estar a deteriorar-se, não permitindo que a melhoria seja tão acentuada quanto esperada.

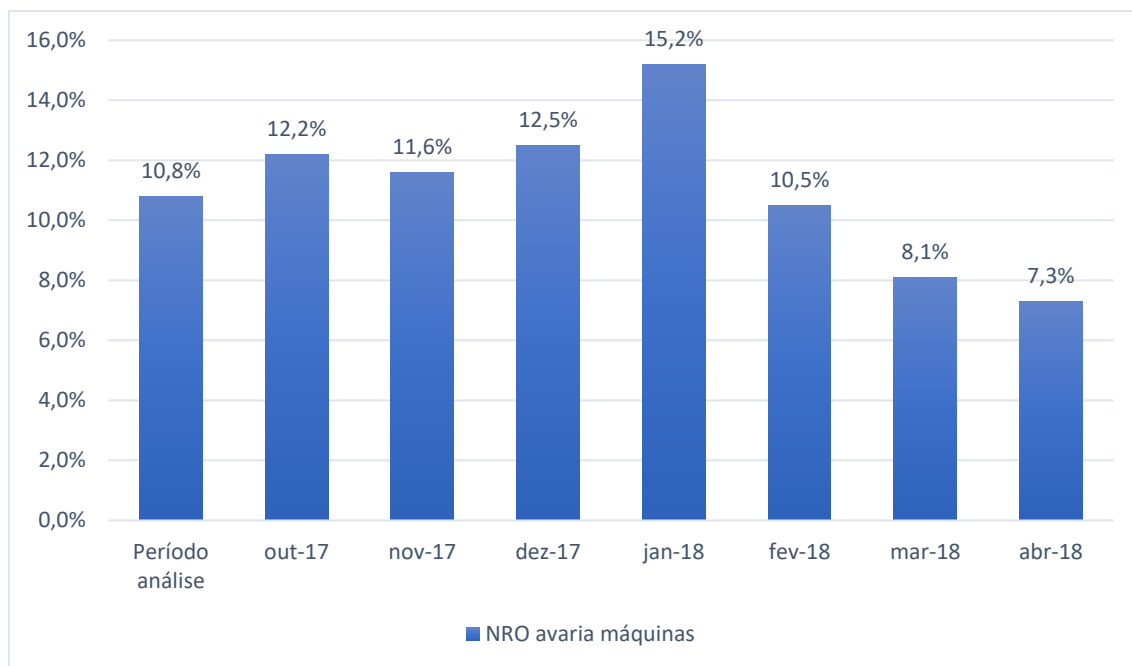


Figura 54 - Evolução NRO avaria máquinas ao longo dos meses

Apesar dos objetivos não terem sido alcançados durante a duração do projeto, como é possível observar na figura 53, é claramente visível que os resultados têm vindo a melhorar ao longo dos meses e que o objetivo proposto de 87% possa ser alcançado dentro de poucos meses, no caso de existir a continuação do projeto.

#### 4.3.5. Etapa 4: Prevenção de reaparição das falhas

Com o decorrer da Etapa 4 prevê-se:

- Desenvolvimento de uma análise ao PMPro e PMA das máquinas prioritárias.

Após a realização de todas as atividades de DCA e de todas as análises de causa, tornou-se evidente a necessidade de atualização de todos os planos de manutenção das máquinas consideradas prioritárias.

Uma vez que existem máquinas bastante similares no modo de funcionamento e nas suas características, tornou-se mais acessível a atualização do PMPro e PMA dos

mesmos. As similaridades existem são entre a máquina 2239 com a máquina 2243 e entre a máquina 2320 e a máquina 2641.

Alguns dos planos das máquinas prioritárias estavam desatualizados, sendo que algumas das ações nos planos já se encontravam desajustadas para o modo de funcionamento atual das máquinas. Da mesma forma, algumas ações necessitavam de ser adicionadas aos planos de forma a colmatar modificações nas máquinas realizadas durante o decorrer do projeto ou por clara falta de ações de manutenção preventiva para um dado subconjunto ou área da máquina.

## **Análise do PMA**

A análise dos procedimentos de PMA passou maioritariamente pelo acompanhamento, aos operadores, de cada uma das atividades de PMA realizadas pelos mesmos às máquinas prioritárias durante o MPM. Alguns dos fatores analisados foram os seguintes:

- Existência dos meios necessário para a execução da tarefa;
- Dificuldade de execução da tarefa;
- Gestão visual adequada para verificação dos níveis de óleo;
- Identificação dos pontos de execução de tarefa;
- Periodicidade adequada;
- Tempo de execução adequado;
- Execução de forma correta;

Da análise efetuada foi possível efetuar a deteção de variados pontos que necessitavam de alteração e, neste caso, foi desenvolvida uma atualização do PMA dos equipamentos em questão.

## **Análise do PMPro**

Para a análise do PMPro foi necessária a convocatória do grupo de trabalho elegido para o este projeto, uma vez que se trata de uma análise de teor muito mais técnico e na qual todo o grupo de trabalho deveria ter voz ativa, para que a solução fosse de acordo com as opiniões de todos e que fosse do agrado geral. O facto desta análise ter em conta todos os funcionamentos dos equipamentos, os seus subconjuntos e as suas características específicas foi necessário que o grupo se manifestasse para a identificação não só de possíveis avarias, mas também para a gestão de tarefas do



PMPro de cada máquina havendo a possibilidade de adicionar, remover ou modificar alguma tarefa. Os fatores analisados foram os seguintes:

- Periodicidade de realização;
- Gravidade no caso de não ser executada;
- Custos relacionados com material;
- Dificuldade da realização;
- Tempo de execução;
- Material necessário;

Dado que uma paragem para MPM possui normalmente 4h semanais, o facto de haver ordens de trabalho com um tempo de execução previsto superior a 4h foi desde logo um dos mais fatores para a sua não realização, sendo que as mesmas eram guardadas para paragens maiores, tais como as paragens de Natal ou paragens de agosto. Como tal, houve uma proposta para que a sua periodicidade coincidissem com as tais paragens, de modo a que possibilitasse a sua realização.

b) Estabelecimento de equilíbrio entre os planos de manutenção preventiva (PMP) e a gestão do PHF (*stock* de peças substituíveis).

A etapa de estabelecimento de equilíbrio entre PMP e a gestão de peças substituíveis não foi realizada a 100% dado que o projeto terminou antes que este ponto fosse completado. No entanto, ocorreram ações de inspeção aos PMP's das máquinas da linha, de forma a que o armário criado para ações de MPM na linha para os efeitos de manutenção preventiva e corretiva fosse abastecido com *stock* de peças essenciais, tais como peças de desgaste contínuo e peças com tempo de vida relativamente reduzido, como é possível verificar nas figuras 55.a e 55.b. Este *stock* de peças permitiu reduzir em termos de tempo de perdas por avaria máquina, uma vez que, no caso da ocorrência de uma avaria o seu tempo de reparação seria substancialmente reduzido, pelo facto de ter a peça necessária relativamente perto do posto em questão.

Do mesmo modo, foram realizadas ações de pedido de compra de peças que se encontravam como 0 em *stock* físico no armazém PHF por parte da manutenção, de forma a salvaguardar o bom funcionamento da linha e a suprimir a escassez de recursos materiais.



a)



b)

*Figura 55 - a) Interior armário MPM; b) Identificação do armário MPM.*

#### c) Atualização do PMP.

Após as análises do PMA e PMPro efetuadas anteriormente, foi dado seguimento para que houvesse a atualização do PMP das máquinas prioritárias. Para esse feito, foi necessário reunir com o departamento técnico, de forma a que o mesmo aprovasse os novos planos e as suas alterações, tendo cada ponto adicionado, removido e/ou modificado que ser justificado e revisto. Dada a aprovação por parte do departamento técnico para a atualização do PMP, procedeu-se à atualização do PMP não só nos sistemas informáticos da empresa ma também bem como no terreno.

### **4.3.6. Etapa 5: Organização da prevenção de meios e a manutenção dos objetivos de performance**

Para finalizar a Etapa 5, etapa final, tem como tarefas:

- a) Atualização de todas as modificações e melhorias nos documentos da fabricação e manutenção no sistema.
- b) Formação dos intervenientes sobre as novas práticas no PMP.

Relativamente à formação dos intervenientes, várias melhorias foram integradas na atualização do PMP sendo que, com a integração dessas melhorias as práticas dos colaboradores tiveram de seguir o mesmo caminho e também serem melhoradas. Para

tal foi dada formação tanto a operadores como a técnicos de manutenção, melhorando as suas práticas atuais no PMA e PMPro, respetivamente. Foram também selecionados, para a função de formadores, os condutores de linha. Esta medida permite que as práticas estejam salvaguardadas e que sejam incutidas a futuros operadores da linha.

c) Domínio absoluto dos custos.

Tal projeto exige um conhecimento vasto do departamento técnico bem como na gestão de inventário. Como tal, não foi desenvolvido pois vai além do conhecimento específico necessário para este trabalho.

d) Perpetuar os bons resultados obtidos.

Finalizado o projeto, e de forma a que os resultados continuem a evoluir positivamente, foi necessário alinhar os departamentos de produção e manutenção para que houvesse consenso quanto à visão do futuro da linha. Como tal, foi acordado que, para os resultados evoluírem de forma positiva, existe a necessidade de retomar os trabalhos feitos até então. Um dos exemplos passa pela execução de mais um ciclo PDCA, uma vez que as falhas encontradas no ciclo anterior já se encontram tratadas e dado que novas falhas apareceram desde então. Com estas medidas pretende-se tornar a linha em questão um exemplo para as restantes linhas da fábrica, e tornar o procedimento utilizado um *standard* na empresa.



## **5. Conclusões, limitações e trabalhos futuros**

O presente capítulo do relatório tem como função concluir o projeto que foi desenvolvido tendo em vista alcançar os objetivos propostos, mostrar os aspetos positivos destacados pelo projeto, caracterizar as limitações sentidas ao longo do mesmo e, por fim, sugerir algumas oportunidades para futuros trabalhos.

### **5.1. Conclusões**

A fábrica tem como objetivo ser uma referência em termos de performance, qualidade e segurança ao nível de todo o grupo. Para tal, é fundamental produzir ao melhor nível de performance, com a melhor qualidade e ao menor custo possível.

De forma a atingir os objetivos propostos existiu então a necessidade de implementar a metodologia TPM, na linha de produção dos Tambores. Sustentada no desenvolvimento da manutenção planeada, a metodologia TPM permite que, quando implementada, exista uma redução progressiva de perdas por parte da manutenção, bem como por parte da produção. É necessidade existir coesão e comunicação entre as equipas dos diferentes departamentos da fábrica, tendo em vista o mesmo objetivo, de forma a que as atividades inerentes à função manutenção sejam desempenhadas, de forma eficaz e progressiva. Os processos inerentes à produção na linha devem ser analisados, para que exista uma correta deteção de anomalias ou pontos a melhorar no processo. Esta estratégia depende do envolvimento de todas as partes responsáveis pelas linha. Apenas se todos os colaboradores da linha se encontrarem informados e motivados é que é possível implementar a estratégia com sucesso.

A empresa conta já com uma organização estruturada em termos de manutenção planeada, contando com diferentes equipas de manutenção alocadas para determinadas linhas de produção, planos de manutenção profissional implementados para serem executados pelas equipas de manutenção, planos de manutenção autónoma implementados para serem executados pelos operadores das linhas. O facto dos processos de produção serem modificados ao longo dos mais recentes anos obriga a que haja uma inspeção periódica aos planos de manutenção preventiva, de modo a que os planos não fiquem desatualizados e que contenham todas as atividades necessárias para o bom funcionamento das suas máquinas.

A estratégia utilizada consiste na redução de perdas provocadas por avarias de máquinas, sendo o foco da mesma o desenvolvimento de atividades de deteção e posterior correção de anomalias, degradações aceleradas, degradações forçadas. Outro dos focos é a restauração do estado referência, no caso de estar em concordância

com o processo atual, e o desenvolvimento de ações para evitar a ocorrência de novas avarias.

O projeto teve como objetivo a implementação de um plano TPM numa linha crítica de produção, neste caso na linha dos Tambores, na qual o valor de perdas associado a avarias de máquinas era superior a 10,8%, bem como 29% das perdas totais da linha serem devido a avarias de máquinas. O plano TPM é constituído por 6 etapas, iniciando pela Etapa 0, de preparação de tarefas, com a verificação dos pré-requisitos e com algumas análises iniciais. A Etapa 1, priorizar equipamentos e definir metas, com a escolha dos equipamentos prioritários, lista de inspeção programada, definição de objetivos da linha, dos equipamentos selecionados e a colocação do painel “*Chantier Lean Manutenção*” em funcionamento. A Etapa 2, análise de causa das falhas, com a realização de inspeção, aplicação das tarefas do plano de manutenção preventiva, desenvolvimento de atividades de DCA, correção imediatas de anomalias, escolha das análises de causa prioritárias, investigação das causas-raiz das falhas e, por fim, identificação das ações, pilotos e prazos. A Etapa 3, tratamento das falhas e definição e cumprimento das normas, com a colocação em prática das ações corretivas planeadas, definição e/ou colocação em prática de todos os procedimentos e condições de utilização e a medição dos efeitos e posterior confirmação dos objetivos. A Etapa 4, prevenção de reaparição das falhas, com o desenvolvimento de análise ao plano de manutenção preventiva das máquinas selecionadas, estabelecimento de equilíbrio entre o PMP e o stock de peças substituíveis e a atualização do PMP. Por fim, a Etapa 5, organização da prevenção de meios e a manutenção dos objetivos de performance, com a atualização de todas as modificações e melhorias nos documentos no sistema, a formação dos intervenientes sobre as novas práticas, domínio dos custos e a perpetuação dos bons resultados obtidos.

Durante a implementação do plano TPM na linha dos Tambores 5 equipamentos foram escolhidas como prioritários para a realização de melhorias. Com as melhorias nos 5 equipamentos implementadas, foi possível verificar uma redução de 3,5% no NRO apenas com as perdas relacionadas com avarias de máquinas. Relativamente às restantes famílias de perdas, foi observada uma redução de 1,4% por falta externa, 0,8% por paragens induzidas e 2,5% por mudança de ferramenta. Pelo contrário houve um aumento de 2,1% por paragens de qualidade. Por último, o RO da linha apresentou uma subida de 18,5%, todos relativamente ao período de análise inicial. Apesar das melhorias, o objetivo proposto não foi atingido.

## **5.2. Limitações**

Relativamente a aspetos menos positivos ao longo do projeto, é de salientar a falta de formação de alguns dos operadores que tinham iniciado os trabalhos há relativamente pouco tempo. Como sugestão, a melhoria na formação no posto de trabalho, tanto em termos de competências técnicas como em termos de tempo de aprendizagem. Outra sugestão seria apenas haver rotatividade de postos quando os operadores tiverem perfeitamente formados para os postos que atuam atualmente.

Outro ponto a salientar é a escassez de operadores para os trabalhos de manutenção autónoma durante as paragens de MPM, uma vez que com o número de operadores atual as atividades não eram efetuadas a 100% levando à degradação acelerada dos equipamento. Além disso, a não realização das atividades de manutenção autónoma a 100% levam à perturbação dos trabalho por parte das equipas de manutenção, dado que várias vezes fizeram trabalhos que não lhes competiam. Como sugestão, a chamada de mais operadores durante os paragens de MPM, para auxiliar nas atividades de manutenção autónoma.

Outro aspeto fulcral prende-se com as dificuldades de produção e manutenção da linha devido à não-conformidade dos POE's fornecidos. Dado que várias avarias aconteceram na máquina 2239 devido à não-conformidade dos brutos, assim como na máquina 2534 devido à não-conformidade dos POE's fornecidos. Como sugestão, a procura de novos fornecedores ou a negociação com os fornecedores atuais, de forma a que estes casos reduzam de forma drástica.

## **5.3. Trabalhos futuros**

Futuramente, seria importante continuar o projeto em mãos, através de mais um ciclo PDCA, de forma a detetar novos problemas e a serem corrigidos o mais rapidamente possível, o que nem sempre foi possível nas condições em que se encontrava a linha. Seria também importante uma melhor comunicação entre todas as partes interessadas, de forma a que os problemas sejam o mais rapidamente informados a todos os departamentos .

Para concluir, apesar dos objetivos inicialmente propostos pela empresa não terem sido atingidos, o balanço considera-se bastante positivo, por tudo que foi implementado na linha e, sem dúvida, que os objetivos propostos serão atingidos a curto prazo. Fica também saliente a extrema importância da manutenção na indústria, pois, juntamente com a produção, são as áreas que possibilitam de forma mais vinculada uma melhoria de eficiência numa determinada linha de produção.





## 6. Referências Bibliográficas

- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709–756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Al-Zwainy, F. M. S., & Mezher, R. A. (2018). Diagnose the Causes of Cost Deviation in Highway Construction Projects by Using Root Cause Analysis Techniques. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(4), 2001–2012. <https://doi.org/10.1007/s13369-017-2850-2>
- Aliperta, V. (2013). Everything in its place. *ITI Bulletin*, (May-June), 25–26.
- Arslankaya, S., & Atay, H. (2015). Maintenance Management and Lean Manufacturing Practices in a Firm Which Produces Dairy Products. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 207, 214–224. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.10.090>
- Bakri, A. H., Rahim, A. R. A., Yusof, N. M., & Ahmad, R. (2012). Boosting Lean Production via TPM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65, 485–491. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.153>
- Braglia, M., Carmignani, G., Frosolini, M., & Zammori, F. (2012). Data classification and MTBF prediction with a multivariate analysis approach. *Reliability Engineering and System Safety*, 97(1), 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2011.09.010>
- Chiang, S. Y., Kuo, C. T., & Meerkov, S. M. (1998). Bottlenecks in Markovian production lines: A systems approach. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 14(2), 352–359. <https://doi.org/10.1109/70.681256>
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. R. (2009). Investigação-acção : metodologia preferencial nas práticas educativas. *Revista Psicologia, Educação e Cultura*. Instituto Superior Politécnico de Gaya. <https://doi.org/49418854>
- Erkoyuncu, J. A., Khan, S., Eiroa, A. L., Butler, N., Rushton, K., & Brocklebank, S. (2017a). Perspectives on trading cost and availability for corrective maintenance at the equipment type level. *Reliability Engineering and System Safety*, 168, 53–69. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.05.041>
- Erkoyuncu, J. A., Khan, S., Eiroa, A. L., Butler, N., Rushton, K., & Brocklebank, S. (2017b). Perspectives on trading cost and availability for corrective maintenance at the equipment type level. *Reliability Engineering and System Safety*, 168, 53–69. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.05.041>
- Gouiaa-Mtibaa, A., Dellagi, S., Achour, Z., & Erray, W. (2018, May 1). Integrated Maintenance-Quality policy with rework process under improved imperfect

- preventive maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.12.020>
- Guariente, P., Antonioli, I., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Procedia Manufacturing*, 13, 1128–1134. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.174>
- Hedman, R., Subramaniyan, M., & Almström, P. (2016). Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE. In *Procedia CIRP* (Vol. 57, pp. 128–133). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.023>
- Ikuma, L. H., & Nahmens, I. (2014). Making safety an integral part of 5S in healthcare. *Work*, 47(2), 243–251. <https://doi.org/10.3233/WOR-121576>
- Kung, J. W., Brook, O. R., Eisenberg, R. L., & Slanetz, P. J. (2016a, July 1). How-I-Do-It: Teaching Root Cause Analysis. *Academic Radiology*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2016.03.002>
- Kung, J. W., Brook, O. R., Eisenberg, R. L., & Slanetz, P. J. (2016b, July 1). How-I-Do-It: Teaching Root Cause Analysis. *Academic Radiology*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2016.03.002>
- Li, L. (2018). A systematic-theoretic analysis of data-driven throughput bottleneck detection of production systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 47, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.03.001>
- Li, Y., O'Donnell, J., García-Castro, R., & Vega-Sánchez, S. (2017). Identifying stakeholders and key performance indicators for district and building energy performance analysis. *Energy and Buildings*, 155, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.003>
- Lopes, I., Senra, P., Vilarinho, S., Sá, V., Teixeira, C., Lopes, J., ... Figueiredo, M. (2016). Requirements Specification of a Computerized Maintenance Management System - A Case Study. In *Procedia CIRP* (Vol. 52, pp. 268–273). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.047>
- Madureira, S., Flores-Colen, I., de Brito, J., & Pereira, C. (2017). Maintenance planning of facades in current buildings. *Construction and Building Materials*, 147, 790–802. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.195>
- Muhammad, S. (2015). Quality Improvement Of Fan Manufacturing Industry By Using Basic Seven Tools Of Quality : A Case Study. *Journal of Engineering Research and Applications Wwww.Ijera.Com*, 5(4), 30–35. Retrieved from [www.ijera.com](http://www.ijera.com)
- Mwanza, B. G., & Mbohwa, C. (2017). Safety in Maintenance: An Improvement Framework. *Procedia Manufacturing*, 8, 657–664.

- <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.084>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: total productive maintenance*. Productivity Press. Retrieved from [https://books.google.pt/books/about/Introduction\\_to\\_TPM.html?id=XKc28H3JeUUC&redir\\_esc=y](https://books.google.pt/books/about/Introduction_to_TPM.html?id=XKc28H3JeUUC&redir_esc=y)
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland: Productivity. <https://doi.org/10.1108/eb054703>
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. In *Procedia CIRP* (Vol. 60, pp. 380–385). <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>
- Prashar, A. (2017a). Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 145, 277–293. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.01.068>
- Prashar, A. (2017b). Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 145, 277–293. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.068>
- Rodrigues, M., & Hatakeyama, K. (2006). Analysis of the fall of TPM in companies. *Journal of Materials Processing Technology*, 179(1–3), 276–279. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.03.102>
- Rosimah, S., Sudirman, I., Siswanto, J., & Sunaryo, I. (2015). An Autonomous Maintenance Team in ICT Network System of Indonesia Telecom Company. *Procedia Manufacturing*, 2(2), 505–511. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.087>
- Shen, C.-C. (2015). Discussion on key successful factors of TPM in enterprises. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*, 13, 425–427. <https://doi.org/10.1016/j.jart.2015.05.002>
- Singh, O. P., Mohan, S., Venkata Mangaraju, K., Jayamathy, M., & Babu, R. (2010). Thermal seizures in automotive drum brakes. *Engineering Failure Analysis*, 17(5), 1155–1172. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2010.02.001>
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. *Procedia Engineering*, 51, 592–599. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2013.01.084>
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS Industrial management and organisation Industrial management and organisation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476–483. Retrieved from

<https://pdfs.semanticscholar.org/e348/8a24ab1197670544b4e08dc6173f396eada9.pdf>

- Van gorp, J. C. (2005). Using key performance indicators to manage energy costs. *Strategic Planning for Energy and the Environment*, 25(2), 9–25. <https://doi.org/10.1080/10485230509509683>
- Venkateswaran, S., Nahmens, I., & Ikuma, L. (2013). Improving healthcare warehouse operations through 5S. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 3(4), 240–253. <https://doi.org/10.1080/19488300.2013.857371>
- Walasek, T. A., Kucharczyk, Z., & Morawska-Walasek, D. (2011). Assuring quality of an e-learning project through the PDCA approach. *Archives of Materials Science and Engineering*. Retrieved from <http://journals.pan.pl/Content/89422/mainfile.pdf>
- Wang, Y., Deng, C., Wu, J., Wang, Y., & Xiong, Y. (2014). A corrective maintenance scheme for engineering equipment. *Engineering Failure Analysis*, 36, 269–283. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.10.006>

# 7. Anexos

Anexo 1: Folha de Inspeção 5W2H

FICHA de INSPECÇÃO (5W+2H)										14 - Causas: C1 - Condições de Base Não satisfatórias C2 - Condições de Utilização Não satisfatórias C3 - Degradação Acelerada C4 - Degradação Natural		C5 - Fraqueza de Concepção C6 - Erro de Conduta C7 - Erro de Manutenção		
Nº OT	Descrição da Perda Crónica (O QUE?)	Subconjunto (ONDE?)	Duração/ Custo (QUANTO CUSTA ?)	Resp. Intervenção (QUEM)	Pontos a Controlar (COMO?)	Anomalia Constatada/ valores km0	Ações Correctivas imediatas	Causas Possíveis (C1 a C7)	Análises Causas a executar	Data de Início (QUANDO?)	Piloto de Acção/Análise	Atraso e porquê	Causa RAZ do Problema (PORQUE?)	Obs.:
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
#														
#														
#														
#														
#														
#														
#														

Anexo 2: Análise 5 Porquês


Fato a tratar Data: _____ Local: _____ Número de casos: _____ Descrição e informações relativas a sua detecção: _____		ANÁLISE 5 PORQUÊS				Participantes: N. Magalhães; M. Reis;  Duração: _____	Validação da Análise e das Ações	
							Nome, Função:  Nota robustez: _____	Piloto/Prazo
						Ações de Erradicação	Piloto/Prazo	
		Porque 5	Porque 4	Porque 3	Porque 2	Porque 1	Piloto: Prazo:	
							Piloto: Prazo:	
							Piloto: Prazo:	
							Piloto: Prazo:	
							Piloto: Prazo:	
							Piloto: Prazo:	
							Piloto: Prazo:	

### Anexo 3: Folha de Plano de ações

[illegible]

Anexo 4: Folha de preparação de MPM

MPM





UET: 3443 - Tambores

DATA: 11/05/2017 (519)

COORDENADOR: Marco/L. Vaz

HORÁRIO: 07-11h

Folha de Preparação da Paragem Programada - RENAULT CACIA

MÁQUINA	TAREFA	PRIORIDADE	COR PMP DCA	OT			ANALISE DE RISCOS	ESTADO MAQ. (PCT/PST)	FERR / MEIOS	TEMPO PREV.	TEMPO REAL	EXECUTANTES	OBSERVAÇÕES	OK/ NOK	ESPE. MEC. ELE/AUT
Geral	Preventiva Eléctrica	1	PMP									Simões			ELE
Geral	Preventiva Mecânica	1	PMP									Gil			MEC
MAL	Aplicar pressostatos Lavagem	2	DCA							2:00		Bodas (Avesteel)	apenas interessa após substituição da bomba		MEC
2534100	Acondicionamento cablagem da Prensa	1	DCA									AGICORE			
PINTURA	Substituição das resistências da Pintura	1	COR	21787980						4:00 +		Simões	a espera que as resistências substituam		ELE
MAL	Identificação bicos da lavagem	2	DCA									Anton			MEC
MAL	Substituição da bomba da MAL	1	DCA							2:00		Gil			MEC
2239	Substituição Fuso do Eixo Z	1	COR							3:00		Gil			MEC
2243	Substituição Pressostato	1	COR							2:00		Rick	verificar o estado de pressão do sistema hidráulico		ELE
2239	Direccionar bicos de lavagem	1	DCA									Serralheiro			MEC
8594	Substituição eletroválvulas de óleo de corte	1	COR									Gil			MEC
224701	Trabalhos nos transportadores	1	DCA									Bernardino			MEC

OBSERVAÇÕES:

Carga Mecânica

7:00:00

Carga Eléctrica

Carga Automatista

0:00:00



[illegible]

UET  
3443

IMÁQ  
OP2534\_100

OPER  
170

NOME  
PRENSA FABRICOM

MPM

Ficha de Manutenção Autônoma - Registos

Limpeza

Lubrificação

Verificação

Nº	Freq	JANEIRO	FEBREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
2.04	2 vezes												
1.07	Quotidiana												
1.08	Quotidiana												
1.03	Quotidiana												
1.04	Quotidiana												
1.05	Quotidiana												
1.06	Quotidiana												
1.07	Quotidiana												
1.08	Quotidiana												
3.02	Quotidiana												
2.02	Mistral												
2.03	Mistral												
3.01	Mistral												
3.02	Mistral												
3.03	Mistral												
3.04	Mistral												
3.05	Mistral												
3.06	Mistral												
3.08	Mistral												
3.09	Mistral												
2.01	Presencial												

Registos por Turno e Diários

Tarefas por Turno: 3.07

Tarefas Diárias:

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
TURNO	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
JAN																																	
FEB																																	
MAR																																	
ABR																																	
MAI																																	
JUN																																	
JUL																																	
AGO																																	
SET																																	
OUT																																	
NOV																																	
DEZ																																	

Atelier

ISMPM

Data

CUET Manuf.

CUET Fabric.

Revisões

Ind.

Modificação

Data

3/4

Tarefa cumprida sem acção.

Tarefa cumprida depois de acção.

Tarefa não cumprida. Fiz etiqueta.

Tarefa não cumprida. Fiz DI para o Gr Int.

## Anexo 7: Exemplo de Plano de Manutenção Preventiva na empresa



### Plano de Manutenção Preventiva

Fabrica: CACIA

Conjunto: 0728CAC13				Designação: Automação Montagem Tambore				Instrução:							
Sub-conjunto (20 C. Mac)	Elemento (20 C. Mac)	Operação a efectuar (10 C. Mac)	Tempo previsto (40 min)	Frequência (1 C.)	Tipo de intervenção (1 C.)	Valor de Início (10 C. Mac)	Terminista (20 C. Mac)	Class. (15)	Substituição peças		Nº peça (10 C. Mac)	Nº intervenção (10 C.)	A.M.C. (C.)	M.P. (1 C.)	Observações (10 C.)
									Quantidade e designação / ref. Fornc. (40 C. Mac)	Número MAREC (10 C.)					
(01) comando	Botões e chaves	(01) Verificar estado conservação	00.02.00	(001) MSP	Visual	Manual	N	S							OP
(02) comando el.	Relé de distribuição	(01) Verificar estado conservação	00.00.30	(026) MSP	Visual	Manual	N	C							EL
(02) comando el.	Cabo de ligação	(02) Atornar Cabo de Ligação	00.02.00	(026) MSP	Visual	Manual	N	C							EL
(02) comando el.	Dispositivo Térmico	(01) Verificar existência de todos os sensores e atrelados	00.02.00	(026) MSP	Visual	Manual	N	C							EL
(02) comando el.	Comp. Elétrico	(04) Reparo: Isolar de circuito do equipamento e teste	00.15.00	(026) MST	Chave Fenda e Furadeira	N	C								EL
(02) comando el.	Antena e carta	(15) Verificar estado conservação e funcionamento	00.04.00	(026) MST	Visual	Manual	N	C							EL
(02) comando el.	Relé de segurança	(15) Verificar estado conservação e funcionamento	00.02.00	(026) MST	Visual	Manual	N	C							EL
(03) G. Tst. Ar.	Valvula 3/2 manual	(06) Verificar funcionamento e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Manual	N	C	(1) VHS-00-P04 (SMC)							MC
(03) G. Tst. Ar.	Filtro Regulador	(05) Verificar funcionamento, estanqueidade e substituição	00.01.00	(026) MSP	Manual	N	C	(1) A-W-00-P04E (SMC)							MC
(03) G. Tst. Ar.	Pressostato	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Manual	N	C	(1) IS20A-01-B-G (SMC)							MC
(03) G. Tst. Ar.	Valvula Arroz Pro.	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Visual	Manual	N	C	(1) RAV-000-P04-5/2-Q (SMC)						MC
(04) 3 Direi Reg P	Reduzidor 3/2	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Manual	N	C	(1) A7000-03 (SMC)							MC
(04) 3 Direi Reg P	Reduzidor Comp.	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Manual	N	C	(1) A7000-02 (SMC)							MC
(04) 3 Direi Reg P	Distribuidor	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Manual	N	C	(1) S5FV3-40-06-02F-Q (SMC)							MC
(04) 3 Direi Reg P	Distribuidor	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Manual	N	C	(1) S5FV3-40-12-02F-Q (SMC)							MC
(04) 3 Direi Reg P	Distribuidor	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Manual	N	C	(1) S5FV3-40-04-02F-Q (SMC)							MC
(04) 3 Direi Reg P	Reduzidor 5/2 R	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(026) MSP	Visual	Manual	N	C	(1) SY7440-SDO-Q (SMC)						MC
(04) 3 Direi Reg P	Reduzidor 5/2 R	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(026) MSP	Visual	Manual	N	C	(1) SY7240-SDO-Q (SMC)						MC
(04) 3 Direi Reg P	Reduzidor 5/2 Mono	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(026) MSP	Visual	Manual	N	C	(2) SY5340-SDO-Q (SMC)						MC
(04) 3 Direi Reg P	Reduzidor 5/2 Mono	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(026) MSP	Visual	Manual	N	C	(1) SY5220-SDO-Q (SMC)						MC
(05) Máquina	Tubo Lâmpada	(08) Teste	00.00.05	(001) MST	Visual	N	C								EL
(06) Máquina	Relé SGL15HTPB-2	(06) Verificar estado conservação e lubrificar	00.01.00	(012) MSP	Visual	Manual	N	C	(04) SGL15HTPB-2(NR)						MC
(06) Máquina	Relé 15 (95Hvac)	(06) Verificar estado conservação e lubrificar	00.01.00	(012) MSP	Visual	Manual	N	C	(04) SGL15(NR)						MC
(06) Máquina	Chamisco LJBR20	(09) Verificar estado conservação e lubrificar	00.01.00	(012) MSP	Visual	Manual	N	C	(04) LJBR20 (MISUMI)						MC
(06) Máquina	Chamisco LJRCW16	(09) Verificar estado conservação e lubrificar	00.01.00	(012) MSP	Visual	Manual	N	C	(04) LJRCW16 (MISUMI)						MC
(06) Máquina	CL Presistática C25	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(012) MSP	Visual	N	C	(1) CD5050-100 (SMC)							MC
(06) Máquina	CL Presistática C22	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(012) MSP	Visual	N	C	(1) CD5050-125C (SMC)							MC
(06) Máquina	CL Presistática C25	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(012) MSP	Visual	N	C	(1) CDQ200-50DC2 (SMC)							MC
(06) Máquina	CL Presistática C22	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(012) MSP	Visual	N	C	(1) CDQ200-70DC2 (SMC)							MC
(06) Máquina	CL Presistática CP96	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(012) MSP	Visual	N	C	(1) CP9602R21-500 (SMC)							MC
(06) Máquina	CL Presistática MCP	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(012) MSP	Visual	N	C	(1) MCP60M2TF-502 (SMC)							MC
(06) Máquina	Peça Presistática	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(012) MSP	Visual	N	C	(1) GP400N-C (KOMMER)							MC
(06) Máquina	Peça Presistática	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(012) MSP	Visual	N	C	(1) GP400N-C (KOMMER)							MC
(06) Máquina	Peça Presistática	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.01.00	(012) MSP	Visual	N	C	(1) MGD060N (KOMMER)							MC
(06) Máquina	Regulador de caudal	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(2) AS1201F-M5-04 (SMC)							MC
(06) Máquina	Regulador de caudal	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(1) AS1201F-01-065 (SMC)							MC
(06) Máquina	Regulador de caudal	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(1) AS1201F-02-065 (SMC)							MC
(06) Máquina	Regulador de caudal	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(1) AS1201F-03-185 (SMC)							MC
(06) Máquina	Reg. ch'val Aut. P0	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(2) ASP30MF-01-065 (SMC)							MC
(06) Máquina	Reg. ch'val Aut. P0	(07) Verificar estado de conservação e estanqueidade	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(1) ASP30MF-02-065 (SMC)							MC
(06) Máquina	Reg. ch'val Aut. P0	(07) Verificar estado de conservação	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(1) ASP30MF-03-185 (SMC)							MC
(06) Máquina	Relé Externo	(07) Verificar estado de conservação	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(1) 0728CAC13 01 02 251 (ATENA)			0204030251				MC
(06) Máquina	Placa Base Rolamento	(07) Verificar estado de conservação	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(1) 0728CAC13 01 02 271 (ATENA)			0204030271				MC
(06) Máquina	Relatório Tambor Ranço	(07) Verificar estado de conservação	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(1) 0728CAC13 01 01 004 (ATENA)			0204030004				MC
(06) Máquina	Reservatório Tambor	(07) Verificar estado de conservação	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(1) 0728CAC13 01 01 017 (ATENA)			0204030017				MC
(06) Máquina	Mix. Peça Rolamento	(07) Verificar estado de conservação	00.00.30	(026) MSP	Visual	N	C	(1) 0728CAC13 01 07 711 (ATENA)			0204030711				MC

Vous acherez sur la dernière ligne du fichier, pour continuer, insérez dans la case de copie-ci, après avoir ôté la protection (Passez à la machine pour déverrouiller des données de manipulation).